Guide pratique

L'élevage des grands camélidés

B. Faye, G. Konuspayeva, C. Magnan



éditions Quæ

L'élevage des grands camélidés

Bernard Faye, Gaukhar Konuspayeva,
Cécile Magnan

Éditions Quæ

Collection *Guide pratique*

Petit guide de l'observation du paysage
Jean-Pierre Deffontaines, Jean Ritter, Benoit Deffontaines, Denis Michaud
2019, 36 p.

Guide de gestion des dunes et des plages associées
Loïc Gouguet
2018, 224 p.

Mieux intégrer la biodiversité dans la gestion forestière
Marion Gosselin, Yoan Paillet
2017, 160 p.

Atlas des bois tropicaux. Caractéristiques technologiques et utilisations
Jean Gérard
2016, 1 000 p.

Cétacés du monde. Systématique, éthologie, biologie, écologie, statut
Jean-Pierre Sylvestre
2014, 352 p.

Pour citer cet ouvrage : Faye B., Konuspayeva G., Magnan C., 2022. *L'élevage des grands camélidés*. Versailles, éditions Quæ, 204 p. (coll. Guide pratique)

Crédits photographiques : toutes les photos sont de Bernard Faye,
sauf mention contraire dans les légendes

Photo de couverture : Chamelle dromadaire et son petit de race Azarghaf
(seul specimen à la robe pie) dans la ferme de Goroy
sur l'île de Fuerteventura, Canaries, Espagne

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex

ISBN 978-2-7592-3499-8
ISBN (PDF) 978-2-7592-3500-1
ISBN (ePub) 978-2-7592-3501-8
ISSN 1952-2770

www.quae.com www.quae-open.com

Sommaire

III. Gestion technique de l'élevage de chamelles laitières

IV. Gestion économique d'un élevage de chamelles laitières

Introduction

Les grands camélidés, qui comprennent deux espèces domestiques (le dromadaire et le chameau de Bactriane), longtemps confinés dans les zones arides de l'Ancien Monde, sont de plus en plus présents dans le paysage agricole français et même européen. Destinées à des activités touristiques diverses (animations, méharées), sportives (course) ou de production (lait, voire laine), ces espèces ne relèvent pas d'une tradition d'élevage bien établie sous les latitudes européennes. Aussi, éleveurs, techniciens et vétérinaires se trouvent souvent confrontés à de nombreuses questions sur la façon de se comporter face à l'animal, de le manipuler, de déterminer ses besoins d'alimentation, de gérer sa reproduction ou tout simplement de lui apporter les soins nécessaires au quotidien. De plus, dans les pays francophones d'Afrique, peu d'ouvrages de synthèse sont disponibles.

C'est donc l'ambition de ce livre d'apporter des réponses utiles, simples et pratiques à tous les acteurs d'une filière traditionnelle en pleine mutation dans les pays arides, ou nouvelle sous d'autres latitudes, et qui bénéficie, de plus, d'un engouement certain depuis quelques décennies, aussi bien dans les pays d'origine que dans le monde occidental. Engouement que l'on doit bien sûr à la remarquable résistance des grands camélidés à des conditions écologiques extrêmes dans un contexte de changement climatique, mais aussi à la qualité exceptionnelle de ses produits (lait, viande, laine) et de ses services (transport, monte, gestion des espaces pastoraux). Engouement que l'on doit aussi à la bonne valorisation de ses produits et de ses services sur les marchés nationaux et internationaux, à tel point que l'on peut parler de l'émergence d'une nouvelle filière pour une espèce cantonnée encore il y a peu à la subsistance de populations nomades vivant dans les régions les plus hostiles de l'Ancien Monde, sans prise notable sur l'économie locale.

Le présent ouvrage a donc pour ambition de fournir les bases de la connaissance de la physiologie de cet animal ainsi qu'un ensemble de conseils pratiques en matière de gestion de son élevage et de sa santé.

Ce guide abordera donc successivement (i) les généralités sur l'espèce, (ii) les bases physiologiques, (iii) la gestion technique d'un élevage camelin (reproduction, alimentation, santé), (iv) la gestion économique d'un élevage, (v) ses principales productions et services.

I. Généralités sur les grands camélidés

1. Origine, taxonomie et situation actuelle des grands camélidés dans le monde

La famille des grands camélidés est originaire d'Amérique du Nord il y a environ 40 millions d'années. De ce noyau d'origine, deux migrations – l'une vers l'Amérique du Sud par l'isthme de Panama, l'autre vers le continent asiatique *via* le détroit de Béring – ont donné naissance aux deux grands rameaux actuels de la famille des camélidés, respectivement les petits camélidés andins (groupe Lamini) et les grands camélidés (groupe Camelini). La divergence entre ces deux groupes serait survenue il y a 11 millions d'années en Amérique du Nord. L'ancêtre des petits camélidés, le *Palaelama*, serait parvenu dans les montagnes andines entre 1,8 million d'années et 11 000 ans avant aujourd'hui ; l'ancêtre des grands camélidés (*Camelops* ?) aurait migré vers l'Asie il y a environ 8 millions d'années. Les grands camélidés à leur tour se sont divisés en dromadaire (chameau à une bosse) et Bactriane (chameau à deux bosses), il y a 4-5 millions d'années, les premiers migrant vers les terres plus chaudes de la Péninsule arabique, les seconds vers les terres plus froides du centre de l'Asie. Une dernière divergence s'est opérée, il y a moins d'un million d'années entre le chameau de Bactriane et celui que certains appellent le chameau de Tartarie (Hare, 1999), dont le reliquat est le chameau sauvage actuel.

Cette longue histoire a donc structuré la famille actuelle des camélidés, qui comprend aujourd'hui trois genres et sept espèces (figure 1.1). Le genre *Camelus* comprend donc trois espèces, qui sont le dromadaire (*C. dromedarius*) – appelé aussi le chameau d'Arabie ou chameau à une bosse –, le Bactriane (*C. bactrianus*) – ou chameau à deux bosses, parfois dénommé chameau d'Asie – et le chameau de Tartarie.

Le chameau de Tartarie (*C. bactrianus ferus*), longtemps considéré comme un chameau de Bactriane resté sauvage (ancêtre du Bactriane actuel), a été reconnu récemment comme une espèce différente à la suite des études de génétique moléculaire montrant une divergence nette avec un génotype à part entière. Il s'agit donc d'un cousin et non d'un ancêtre direct du Bactriane.

Du côté des petits camélidés andins, le genre *Lama* comprend le lama (*L. glama*) proprement dit, l'alpaga (*L. pacos*) et le guanaco (*L. guanacoe*). La vigogne (*V. vicugna*), espèce sauvage, relève du genre *Vicugna*, dont elle est le seul représentant. Toutefois, certaines classifications rangent l'alpaga dans le genre *Vicugna* (*V. pacos*), considérant que cette espèce est la version domestique de la vigogne, et le lama, celle du guanaco.

La domestication serait survenue pour le Bactriane, il y a 5 000 à 6 000 ans, sans doute dans une zone plus occidentale que ce que l'on pensait jusqu'à maintenant, soit vers l'Ouzbékistan et le Kazakhstan occidental actuel, plutôt

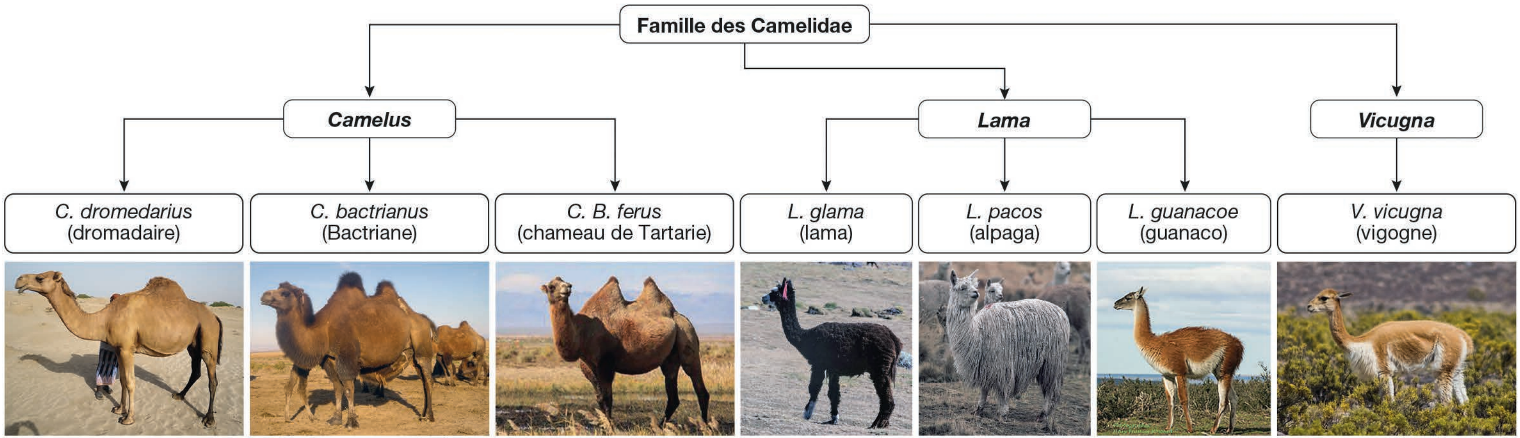


Figure 1.1. Taxonomie des membres de la famille des camélidés

que vers la Mongolie. Le nom de « Bactriane » provient d'ailleurs d'une région (ancien royaume conquis par Alexandre le Grand) qui se situe entre l'Afghanistan, l'Iran et le Kazakhstan actuel. La domestication du dromadaire serait plus récente (3 000 à 4 000 ans) et, selon toute probabilité, aurait eu lieu dans le sud-est de la Péninsule arabique (actuel sultanat d'Oman, Émirats arabes unis et sud de l'Arabie saoudite). D'après les données actuelles, les grands camélidés seraient donc parmi les dernières grandes espèces domestiquées par l'homme (figure 1.2).

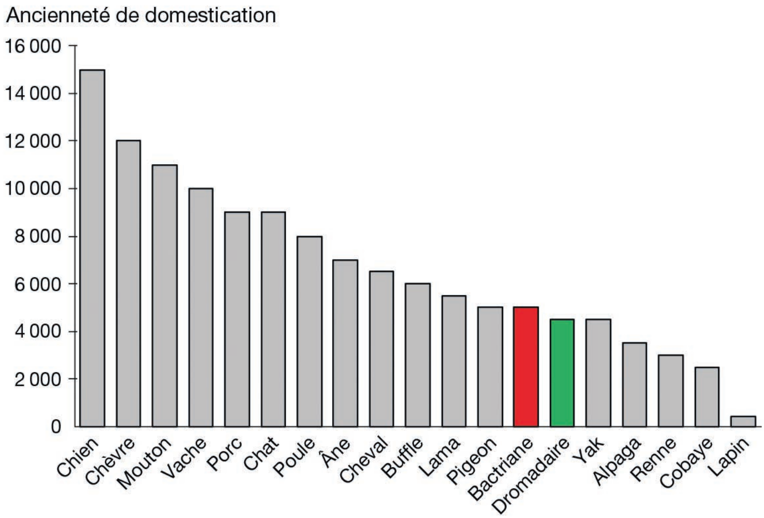


Figure 1.2. Dates approximatives de la domestication des animaux

Cependant, la famille des camélidés s'est élargie depuis la domestication avec la création de métis et d'hybrides. Formellement, le croisement du dromadaire et du Bactriane relève du métissage plutôt que de l'hybridation, les deux appartenant au même genre (au même titre que le croisement du zébu et du taurin). Néanmoins, dans le langage courant, on parle d'hybrides quand il s'agit de croiser ces deux espèces. Cette pratique, courante depuis l'Antiquité le long des routes commerciales du continent asiatique (« routes de la soie »), consistait à obtenir des hybrides combinant la force du Bactriane et l'endurance du dromadaire, qualités fort utiles dans l'activité caravanière. Aujourd'hui, l'hybridation est activement mise en œuvre dans deux contextes : (i) en Asie Centrale, et tout particulièrement au Kazakhstan, pour obtenir des femelles produisant plus de lait que les parents et du lait plus riche en matières grasses ; (ii) en Turquie, pour obtenir des mâles réputés dans les festivals de « lutte cameline » (figure 1.3). De fait, les éleveurs kazakhs (Faye, Konuspayeva, 2012) et turcs (Dioli, 2020) ont mis en place plusieurs schémas d'hybridation selon que le mâle est à une ou deux bosses. À noter que l'hybride F1 (50 % Bactriane*50 % dromadaire) n'est jamais croisé avec un individu également F1, mais toujours avec un pur dromadaire ou un pur Bactriane aboutissant à un F2 (25 % dromadaire*75 % Bactriane ou 75 % dromadaire*25 % Bactriane). En effet, le croisement F1*F1 donne un animal dénommé *Jarbaï* au Kazakhstan, impossible à gérer du fait d'un caractère très difficile, souvent dangereux. Le même schéma se répète pour F3 et F4. Au final, on obtient une gamme variée d'individus qui se distinguent par la forme de la bosse (plus ou moins subdivisée) et la répartition de la fourrure sur le corps.



Figure 1.3. Exemples d'hybrides de grands camélidés. A. Hybride F2 pour la production laitière (Kazakhstan). B. Hybride F1 pour la lutte cameline (Turquie)

L'hybridation concerne également les petits camélidés. L'hybridation entre alpaga et vigogne (*pacovigugna*) est destinée à obtenir un individu produisant une laine de très haute qualité, la vigogne possédant une toison d'une finesse exceptionnelle, mais peu abondante (figure 1.4A). Une telle hybridation est cependant remise en cause par les tenants du maintien de la biodiversité animale, la vigogne étant une espèce sauvage. Il existe aussi un hybride lama*alpaga, dénommé *wakisso* (figure 1.4B), permettant d'obtenir un individu de plus grande taille avec une toison abondante également. Comme ce sont deux espèces domestiques appartenant au même genre, il s'agit plutôt également d'un métissage.

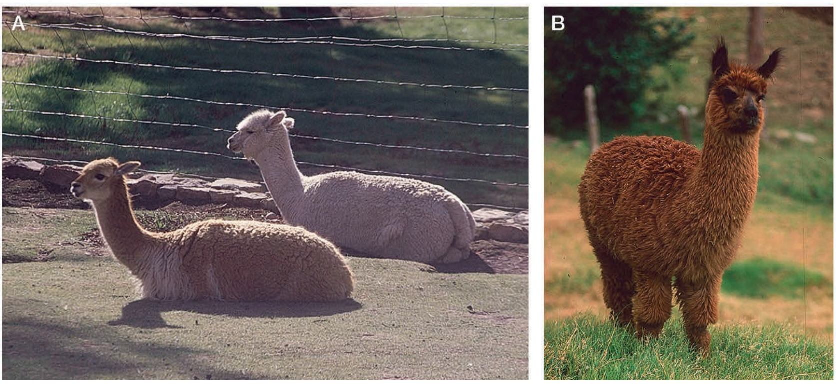


Figure 1.4. Exemples d'hybrides de petits camélidés. A. *Pacovigugna* (hybride vigogne*alpaga) et alpaga. B. *Wakisso* (métis lama*alpaga)

Enfin, pour être complet, mentionnons les essais d'hybridation entre dromadaire et lama (*cama*) réalisés par insémination artificielle au Centre de reproduction des camélidés à Dubaï (figure 1.5). Il s'agit là, d'ailleurs, d'une véritable hybridation. À noter que les métis dromadaire*Bactriane sont fertiles, tout comme le *pacovigugna* ou le *wakisso*, mais non le *cama*.

Les effectifs de grands camélidés à l'échelle mondiale sont difficiles à connaître. D'une part, il s'agit d'une population largement disséminée dans des zones à faible densité humaine et, d'autre part, ces animaux ne sont pas soumis à des campagnes de vaccination obligatoire, contrairement aux bovins. Dans la plupart des pays dépourvus de système d'identification et d'enregistrement, les autorités sont contraintes à des estimations qui s'avèrent largement sous-estimées, comme le montrent les quelques exemples de recensement.



Figure 1.5. Cama (hybride lama*dromadaire)

C'est le cas notamment du Tchad, qui estimait sa population de dromadaires à 1,55 million de têtes en 2014, puis déclarait officiellement 6,413 millions de têtes en 2015.

Selon le site de la Food and Agriculture Organization (FAO), la population mondiale serait de 38,6 millions de grands camélidés en 2020 (dernière année pour laquelle les statistiques sont disponibles). Ces données ne comprenant pas les chiffres d'un grand nombre de pays possédant de petits effectifs (notamment les animaux présents dans les pays occidentaux et quelques pays africains hors de la zone saharo-sahélienne), et étant basées dans plus de la moitié des cas sur des estimations, on peut raisonnablement considérer que la population mondiale dépasse les 50 millions de têtes, ce qui, somme toute, est peu en comparaison du 1,5 milliard de bovins, des 2,3 milliards de petits ruminants ou même des 120 millions d'équins. Enfin, bien que les statistiques officielles ne distinguent pas les chameaux à une bosse (dromadaires) des chameaux de Bactriane à deux bosses, on peut estimer leur part respective dans la population mondiale, ces derniers représentant 100 % du cheptel chinois, mongol et russe ainsi que 85 % du cheptel kazakh. Ils sont également présents en faibles effectifs dans les autres pays d'Asie centrale (Kirghizistan, Ouzbékistan, Tadjikistan), mais aussi en Turquie, Iran, Afghanistan, Pakistan et Inde. Globalement on estime leur population à moins d'un million de têtes soit 2,8 % de la population mondiale de grands camélidés en 2019 (Faye, 2020).

Quatre types de croissance démographique selon les pays ont été décrits : (i) les pays ayant connu un déclin de leur population jusque dans les années 2000, suivi d'une légère remontée des effectifs ; ce groupe de pays correspond à environ 5 % de la population mondiale et comprend des pays d'Asie (Chine, Inde, Mongolie, Afghanistan), du Moyen-Orient (Iran, Irak, Israël, Jordanie, Liban, Koweït, Turquie) et quelques pays africains (Égypte, Libye, Sénégal) ; à noter que, dans ce groupe, seule l'Inde a vu sa population cameline continuer de décliner depuis 2000 ; (ii) les pays ayant connu une croissance régulière de l'ordre de 1,8 %/an depuis 60 ans (50 % de la population mondiale), majoritairement africains (Afrique du Nord, Mauritanie, Burkina-Faso et Corne de l'Afrique (Soudan, Éthiopie, Somalie), mais aussi Asie Centrale, Pakistan et Bahreïn) ; (iii) deux pays ayant connu une forte croissance, après une brève période de déclin dans les années 1960-1970 ; il s'agit de la Syrie et des

Émirats, qui affichent une croissance de l'ordre de 6 %/an ; mais ne représentent que 1,5 % de la population mondiale ; et enfin (iv) les pays à croissance quasi explosive depuis les années 2000 après une longue période de croissance régulière ; ils représentent 43,4 % de la population mondiale de grands camélidés et une croissance annuelle moyenne de presque 19 %/an ; ce groupe inclut les pays sahéliens (Mali, Niger, Tchad, Nigeria, Kenya, Djibouti), et la Péninsule arabique (Qatar, Arabie saoudite, Oman), ce qui démontre bien qu'il n'y a pas de lien entre le dynamisme démographique de la population cameline et la croissance économique.

2. Biodiversité et nouvelles implantations

La génétique cameline a fait d'énormes progrès depuis une vingtaine d'années grâce notamment à l'apport des outils moléculaires. Cela a permis de mieux décrire la diversité de la population cameline mondiale. Auparavant, une cinquantaine de « races » au niveau mondial avait été répertoriée, bien que, chez les grands camélidés, la notion de race peut apparaître discutable tant la pression de sélection sur tel ou tel caractère (performance laitière ou de croissance, qualité de la laine, aptitude à la course, etc.) a été globalement faible. Au cours de l'histoire, la grande mobilité des troupeaux et l'activité caravanière sur de longues distances ont favorisé les mélanges de populations, conduisant à ce qu'on appelle une population « panmictique », c'est-à-dire à faible variabilité génétique.

Concernant la nomenclature des races (ou plutôt des « écotypes »), il règne une grande confusion, car un même groupe homogène (notamment du point de vue de la couleur de sa robe) peut porter différents noms associés à une région ou une tribu. On peut néanmoins distinguer nettement des types morphologiques, l'homme ayant au cours de l'histoire orienté la sélection en fonction de ses besoins de production, de transport ou de course (figure 2.1). Globalement on pourrait distinguer (au moins chez le dromadaire) :
– des types longilignes, de grande taille, aux membres fins plutôt utilisés comme animaux de selle, voire de course;
– des types médiolignes plus ou moins de grande taille, dévolus à la production laitière ou à la production de viande ou les deux;
– des types brévilignes, trapus, charpentés, utilisés de préférence pour le bât ou le transport attelé.



Figure 2.1. Principaux types morphométriques. A. longiligne; B. médioligne; C. bréviligne

Toutefois, une telle classification sommaire ne recouvre pas la diversité des types observés à travers le monde. L'usage, certaines caractéristiques phénotypiques, la couleur de la robe et les écosystèmes d'origine modèlent un panel beaucoup plus riche. On peut, à ce titre, citer les « races » connues dans la Péninsule arabique, le lieu probable de la domestication du dromadaire. C'est donc là que se situe la plus grande variabilité des types à l'origine de tous les dromadaires du monde. Globalement, les généticiens ont identifié trois groupes (génotypes) : l'un à l'origine des animaux ayant migré vers le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord et de l'Ouest; un autre à l'origine des types

ayant peuplé la Corne de l'Afrique et l'Asie du Sud ; un troisième, occupant les zones montagneuses et côtières, n'ayant pas migré hors de la Péninsule (Al-Mathen, 2014). Pour établir une classification des phénotypes, diverses mesures barymétriques ont été proposées, telles que la hauteur au garrot, le périmètre abdominal (derrière la bosse), la longueur du corps, la longueur du cou, etc. (voir chapitre 11, section « Contrôle de croissance et mensurations »). Cette approche a permis d'identifier 12 phénotypes différents sur l'ensemble du pays (figure 2.2).

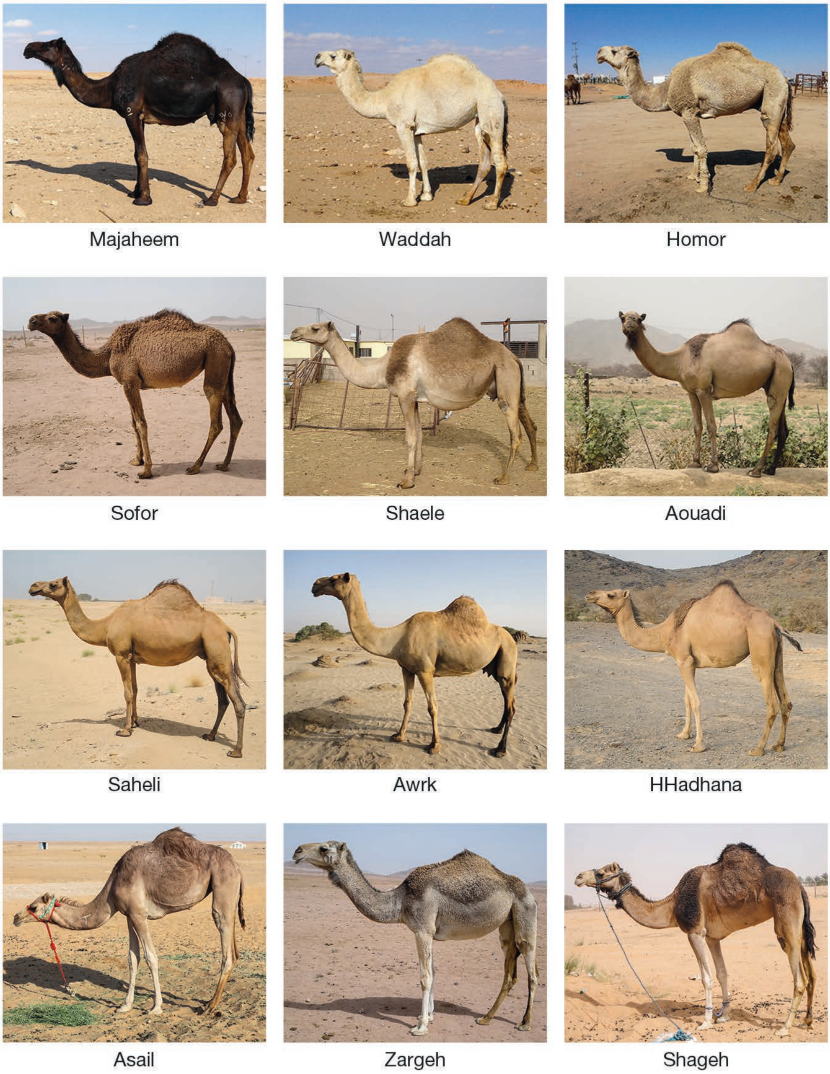


Figure 2.2. Diversité des phénotypes camelins dans la Péninsule arabique (source : Faye B. *et al.*, 2011)

Chez le chameau de Bactriane, les chercheurs chinois, mongols et kazakhs ont également établi une liste de « races » qui se distinguent surtout par la qualité de leur toison (figure 2.3).

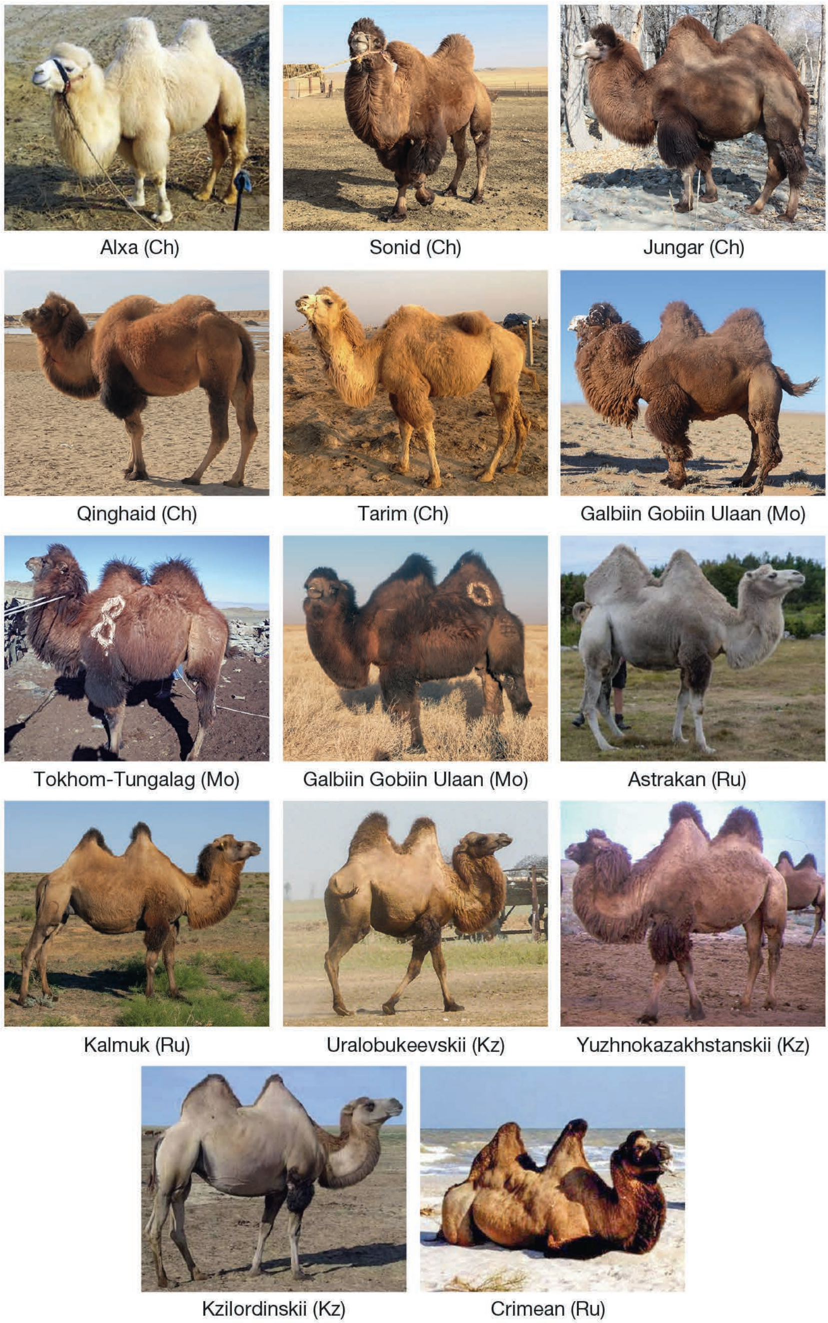


Figure 2.3. Diversité des phénotypes de Bactriane en Chine (Ch), Mongolie (Mo), Russie (Ru) et Kazakhstan (Kz) (photos B. Faye, G. Konuspayeva et S. Hasi)

Cependant, en l'absence de règles internationales clairement établies sur les paramètres à prendre en considération pour l'analyse phénotypique, et avec le faible nombre d'études associant génotypes et contrôle des performances, la connaissance de la variabilité génétique dans cette espèce demeure modeste. Plusieurs projets internationaux sont en cours pour répondre à ces questions.

La faible pression de sélection a également pour conséquence l'absence d'une race qui, par des qualités exceptionnelles (à l'instar de la vache Holstein dans le domaine laitier), risquait de devenir envahissante, même si les études phénotypiques, étayées en cela par les études génotypiques, distinguent nettement les populations asiatiques – de plus grand format et meilleures laitières – des populations africaines. Cette absence permet de maintenir une certaine diversité qu'il importe de préserver. Actuellement, une seule espèce de camélidés

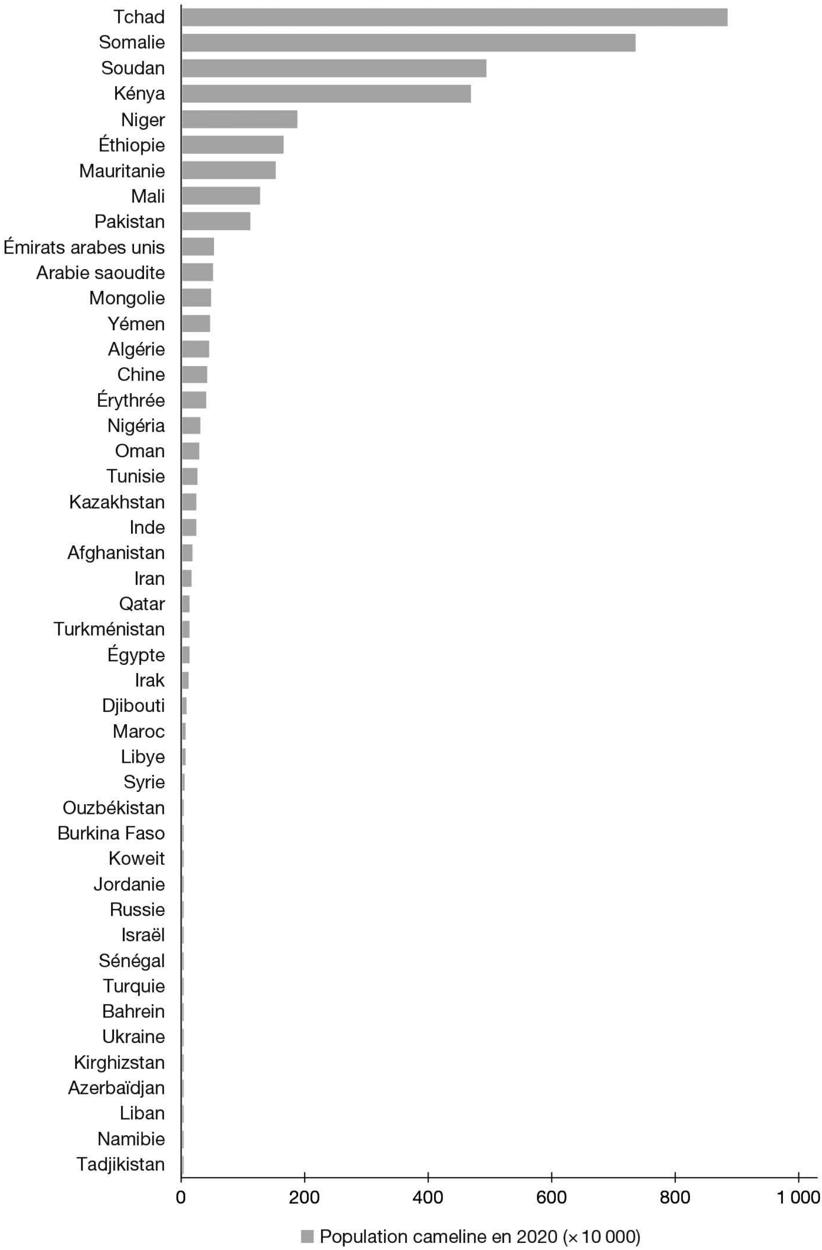


Figure 2.4. Les pays déclarant officiellement une population de grands camélidés sur le site FAOstat

est l'objet d'un programme de conservation, le chameau sauvage de Tartarie, du fait de ses effectifs réduits (moins de 2 000 têtes) et du risque d'hybridation avec le chameau de Bactriane.

Si, dans la base de données de la FAO, seulement 48 entités nationales déclarent officiellement une population de grands camélidés (figure 2.4), dromadaires et Bactrianes sont en réalité présents dans bien d'autres pays. Ces nouvelles implantations concernent (i) les pays africains en marge du Sahara, qui bénéficient de l'expansion actuelle de l'élevage camelin à la suite notamment des sécheresses récurrentes qui ont affecté le continent (par exemple Cameroun, Ouganda, Tanzanie…) ; (ii) les pays désertiques d'Afrique méridionale (Namibie, Botswana) ; (iii) les pays occidentaux (USA, Europe et Australie). Dans ce dernier groupe de pays, les grands camélidés y sont élevés essentiellement à des fins touristiques, mais leur intégration dans des systèmes à vocation agricole (lait, viande) ne fait qu'augmenter, comme le laisse entrevoir l'émergence de fermes laitières en Hollande, Allemagne, Espagne ou aux USA.

Sur le plan génétique, les populations dans ces nouvelles implantations sont souvent d'origine géographique variée et sont le fruit d'un métissage incontrôlé entre différents types, voire espèces. Une étude a ainsi montré l'importance de la présence de gènes de Bactriane dans les populations de dromadaires d'Europe (figure 2.5).

Enfin, notons la particularité du cheptel camelin australien. Issue de plusieurs importations au cours du XIXe siècle (en provenance surtout du Pakistan et d'Afghanistan), cette population a été utilisée dans des activités agricoles et de transport au cœur désertique de l'Australie jusque dans les années 1920-1930. Plus ou moins abandonnés dans le bush après la motorisation de l'agriculture, les dromadaires se sont ensauvagés (marronnage) et se sont multipliés au point de poser un véritable problème d'environnement. Les estimations concernant cette population varient entre 400 000 et 1 million de têtes (Faye, 2020).



Figure 2.5. Élevage de dromadaires dans le nord de la France

3. Particularités anatomiques des grands camélidés

La morphologie générale des grands camélidés est suffisamment particulière pour avoir, depuis Aristote, intrigué les zoologistes. Avec sa bosse (ou ses bosses pour le Bactriane) sur le dos, fort caractéristique de l'espèce, son cou démesurément long et sa tête maintenue à l'horizontale, ce qui lui donne l'air d'être monté sur un piédestal, le dromadaire mérite qu'on se penche sur ces particularités anatomiques, qui en font le plus grand animal adapté à la vie désertique. S'il existe quelques variations dans cette morphologie générale en vertu de différences géographiques, il est notable que la plasticité anatomique est moins spectaculaire que dans d'autres espèces domestiques. Le fait que le dromadaire soit spécialisé – du point de vue écologique – à un biotope marqué par l'aridité du milieu contribue sans doute à limiter sa variabilité phénotypique, tandis qu'une diffusion dans des écosystèmes forts différents semble autoriser pour les espèces ayant envahi presque tous les milieux de la planète, à l'instar des bovins ou des petits ruminants, de plus fortes différences morphologiques.

Globalement, quelles sont les particularités anatomiques à retenir ?

La conformation générale

L'allure générale des grands camélidés est facilement reconnaissable. La concentration des réserves adipeuses sur le dos, formant une (pour le dromadaire) ou deux bosses (pour le Bactriane), est sans doute leur caractéristique anatomique la plus emblématique. Mais d'autres points méritent d'être soulignés chez le dromadaire (figure 3.1) :

– la tête, horizontale, parallèle au sol, contrairement aux autres herbivores, située à l'extrémité d'un long cou formant un arc ouvert. Les lèvres très mobiles et la lèvre supérieure fendue, parfois pendante. Les oreilles petites, plus ou moins arrondies ;

– les membres longs et fins, très mobiles latéralement, les attaches sur le corps étant déliées ;

– les pieds dépourvus de sabots, mais munis d'ongles au bout de chaque phalange (deux à chaque pied) ;

– des coussinets cornés au niveau du sternum, des genoux et des coudes, situés aux zones de frottement avec le sol quand l'animal est en position « baraquée » (position assise) ;

– chez la femelle, une mamelle en position inguinale semblable en apparence à celle de la vache (quatre quartiers, quatre trayons) ;

– chez le mâle, le fourreau pénien bien développé ;

– la tête du mâle souvent dotée d'un front bien développé et, à l'arrière du crâne, de glandes occipitales très active en période de rut.

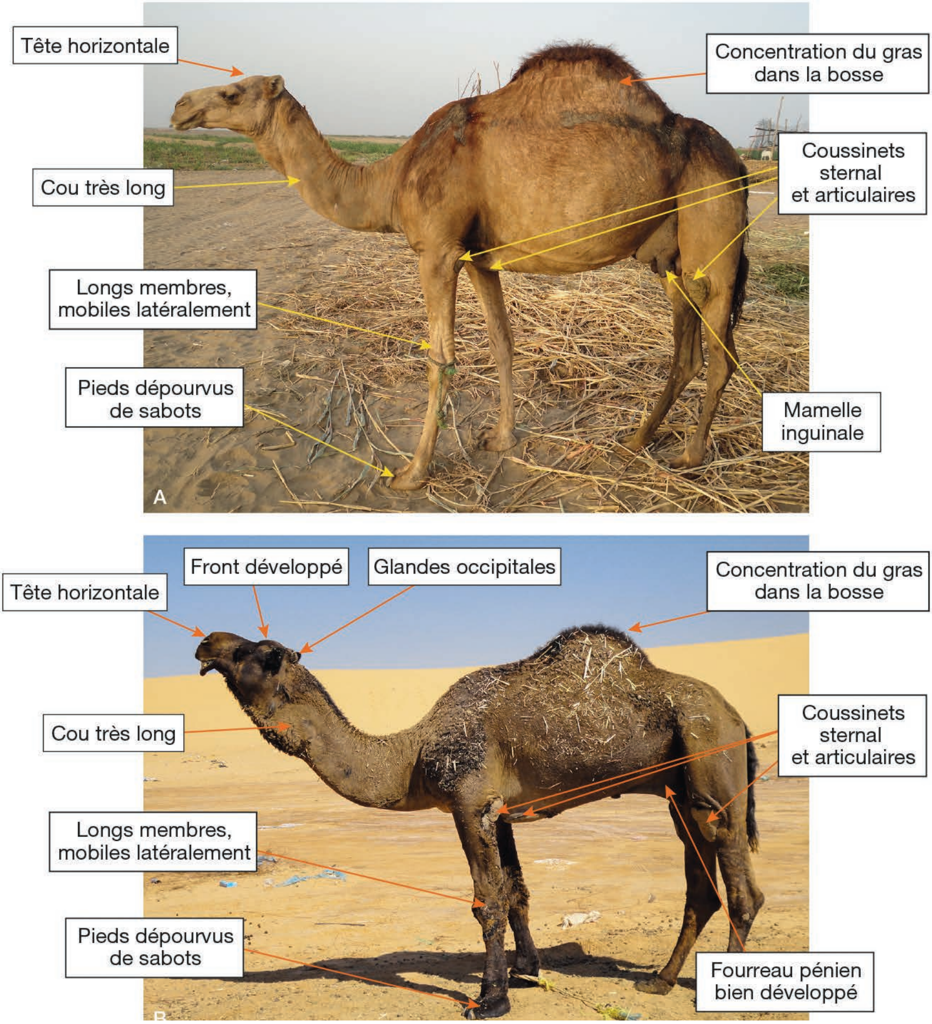


Figure 3.1. Particularités morphologiques des dromadaires femelles (A) et mâles (B)

Chez le Bactriane (figure 3.2), d'autres particularités peuvent être soulignées :
– une tête plus courte avec un front plus marqué, y compris chez les femelles ;
– une abondante fourrure sur la gorge, sous le cou, le coude et parfois les épaules (et une toison hivernale abondante) ;
– une crinière abondante chez le mâle ;
– deux bosses qui pendent comme des sacs vides lors de la déplétion du gras (contrairement à la bosse du dromadaire qui « fond »), puis qui se dressent lors de la réplétion ;
– un cou long et trapu, présentant une inflexion plus marquée que chez le dromadaire,
– une mamelle inguinale (F) et un fourreau pénien (M) moins développés que chez le dromadaire.

Les hybrides (figure 1.3) associent les caractères morphologiques des deux parents, la principale particularité étant la fusion plus ou moins marquée des deux bosses.

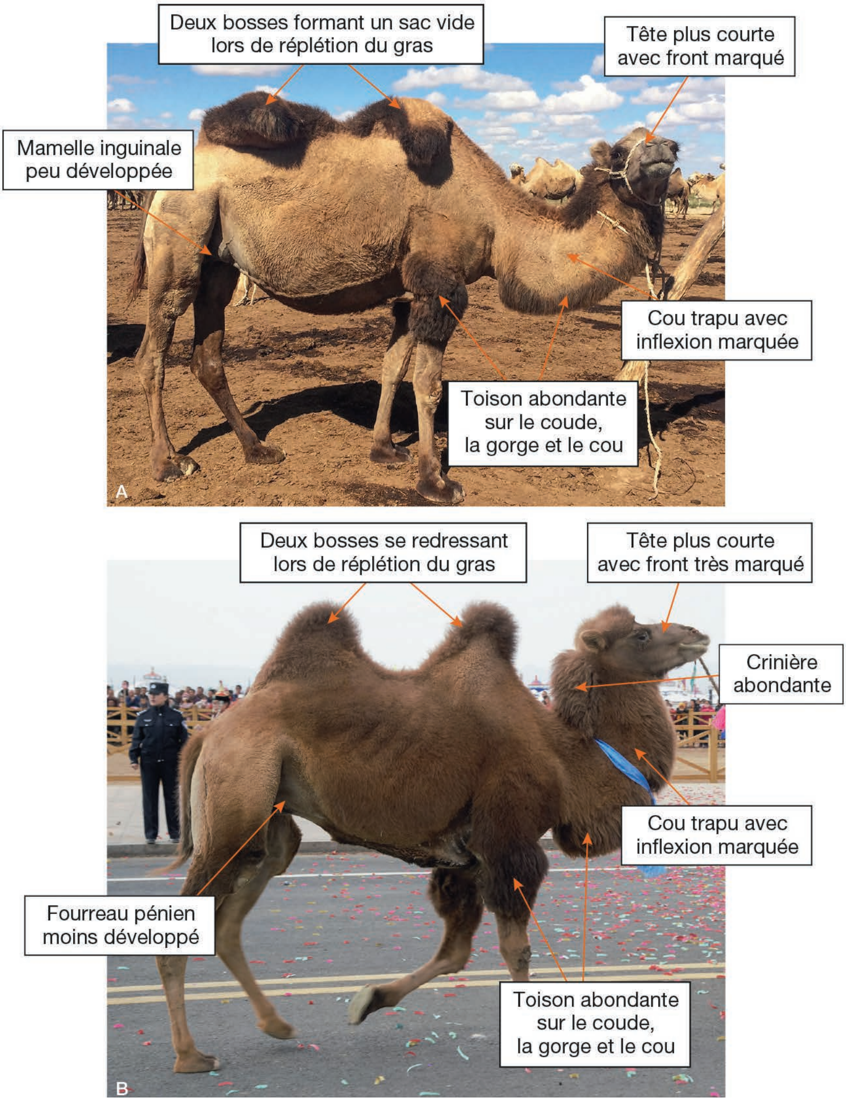


Figure 3.2. Particularités morphologiques des Bactrianes femelles (A) et mâles (B)

Le squelette

Le squelette du dromadaire est composé d'os épais et lourds représentant environ 20 % du poids de la carcasse. Sa morphologie générale est similaire à celle des autres mammifères de grande taille (figure 3.3). Le crâne, de taille comparable à celui du cheval, présente une crête occipitale très proéminente, à laquelle se rattache un ligament cervical suffisamment puissant pour soutenir une tête lourde placée au bout d'un long cou. Les sinus sont amples et profonds. La partie osseuse du voile du palais est étroite, laissant la place pour une partie molle s'extériorisant aisément chez le mâle en rut (voir chapitre 6 « Les bases physiologiques de la reproduction »). Le maxillaire inférieur, long, présente une constriction centrale bien marquée, ce qui le fragilise et conduit à des fractures fréquentes lors des combats occasionnels entre mâles.

En dépit de sa longueur, le cou des grands camélidés ne possède que 7 vertèbres cervicales (comme la plupart des mammifères). Pour le reste, il ne se distingue que peu des autres herbivores domestiques : 12 vertèbres thoraciques (13 pour les bovins et les ovins), 7 vertèbres lombaires (6 pour les bovins et les ovins) et 4 vertèbres sacrales (5 chez les bovins et 4 chez les ovins). La bosse n'étant qu'un amas adipeux, contrairement à la bosse musculo-graisseuse du zébu, les apophyses épineuses des vertèbres thoraciques et lombaires n'ont pas d'attaches musculaires supplémentaires et leur longueur n'en est donc pas affectée. Les os des membres sont longs, permettant l'éloignement des organes abdominaux et thoraciques par rapport au sol lors de la station debout, évitant ainsi les effets d'un sol trop froid ou trop chaud.

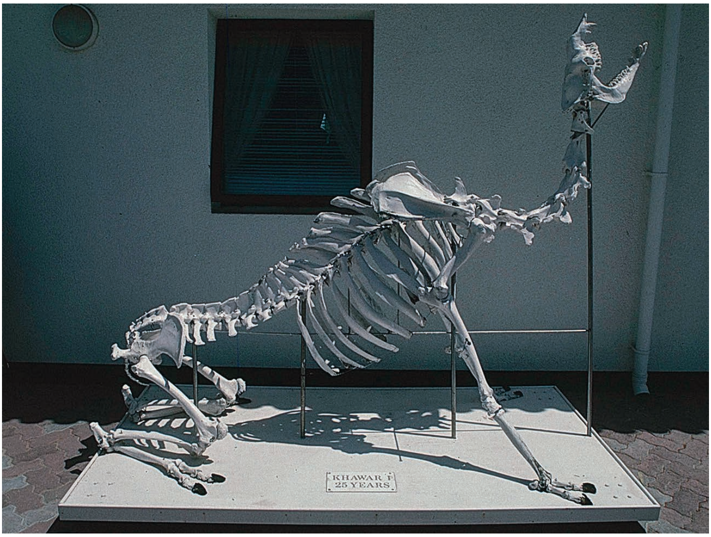


Figure 3.3. Squelette d'un dromadaire adulte, au Central Veterinary Research Laboratory (CVRL) de Dubaï

La dentition

Comme pour la plupart des mammifères, les camélidés ont une dentition temporaire (les « dents de lait »), qui disparaît chez l'adulte, et une dentition permanente qui la remplace peu à peu dès l'âge de 1 an (éruption des premières molaires). La formule dentaire du jeune comprend 22 dents et celle de l'adulte 34 au total (tableau 3.1).

Tableau 3.1. Formules dentaires des grands camélidés jeunes (« dents de lait ») et adultes

Mâchoire	**Incisives**			**Canines**	**Prémolaires**			**Molaires**		
Jeune	I1	I2	I3	C	PM1	PM2	PM3	M1	M2	M3
Sup.	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0
Inf.	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
Adulte	I1	I2	I3	C	PM1	PM2	PM3	M1	M2	M3
Sup.	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Inf.	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1

Les grands camélidés adultes se distinguent des ruminants domestiques par une paire d'incisives « caniniformes » à la mâchoire supérieure, d'une paire de canines à chaque mâchoire, de 3 prémolaires à la mâchoire supérieure et de deux seulement à la mâchoire inférieure (figure 3.4). La première prémolaire est isolée par rapport aux autres et, comme l'incisive supérieure, simule une canine supplémentaire (prémolaire « caniniforme »).

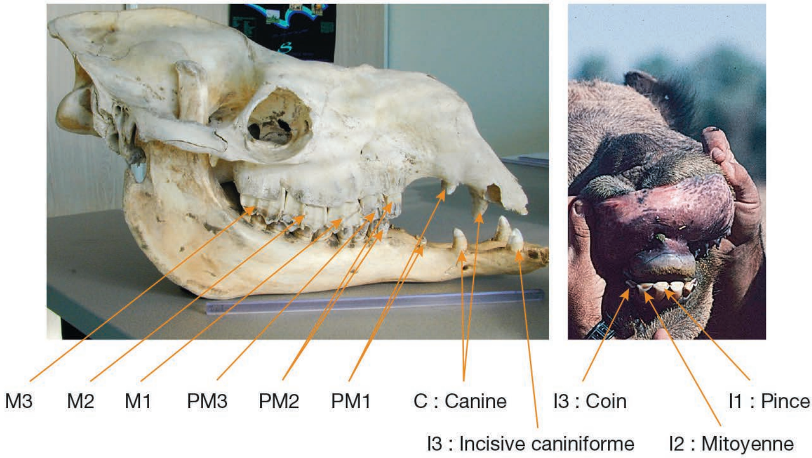


Figure 3.4. Dentition permanente d'un chameau adulte

L'évolution de la formule dentaire et l'usure des incisives chez l'adulte représentent une méthode empirique pour estimer l'âge de l'animal. Toutefois, les différences individuelles et de conditions sanitaires, environnementales (notamment les milieux sableux qui accélèrent l'usure des dents) conduisent à une certaine variabilité incitant à une évidente prudence dans l'interprétation (figure 3.5).

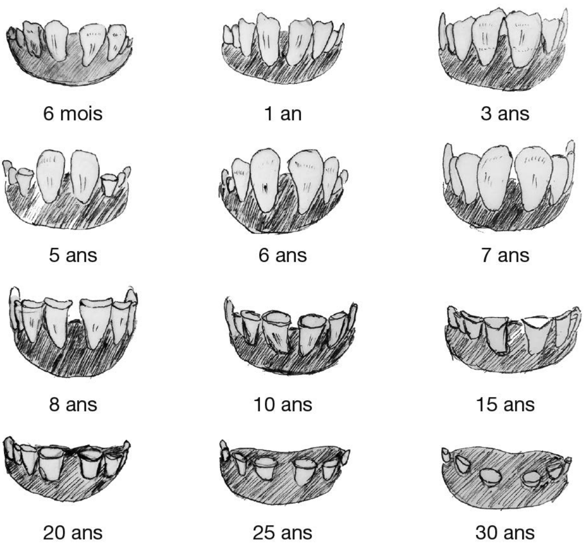


Figure 3.5. Évaluation de l'âge en fonction de l'état de la dentition. À 3 ans, la bouche temporaire est faite (BFt) et, à 7 ans, la bouche permanente est faite (BFp)

L'écart entre les incisives inférieures représente un bon critère de distinction des animaux âgés. On considère en effet que la présence d'un vide entre les incisives survient sur des animaux âgés de plus de 15 ans. L'usure des dents est un facteur de longévité. En effet, avec une usure rapide (environnement sableux), il est peu fréquent de trouver des animaux de plus d'une vingtaine d'années. Dans de bonnes conditions, les grands camélidés peuvent vivre au-delà de 30 ans.

L'anatomie interne

Les organes génitaux et les estomacs seront décrits dans les chapitres consacrés aux bases physiologiques de la reproduction (chapitre 6) et de la digestion (chapitre 8). On se focalisera ici sur les particularités internes des camélidés et la topographie viscérale utile à connaître pour des interventions chirurgicales.

Appareil musculaire

Sur le plan musculaire, trois choses sont à retenir : (i) en dépit de sa longueur, le cou n'est pas particulièrement musculeux, ce qui permet notamment de maîtriser l'animal lors de contention en repliant le cou sur le thorax ; (ii) il existe un muscle extenseur commun aux deux doigts en supplément d'un muscle pour chacun d'entre eux ; (iii) il n'existe pas de muscle peaucier : les grands camélidés ne peuvent donc pas faire « vibrer » leur peau pour se débarrasser des mouches comme chez le cheval ou la vache. Pour le reste, la structure des muscles est similaire à celle des autres espèces domestiques. L'appareil musculaire représente environ 70 % de la masse corporelle chez le chameau.

Système nerveux

Le cerveau du dromadaire est comparable à celui du cheval, tant du point de vue de sa morphologie que de son volume. Il présente ainsi une fissure marquée entre les deux hémisphères cérébraux, un lobe temporal et un bulbe olfactif bien développés. Le cortex est couvert de circonvolutions irrégulières. Les données disponibles rapportent que le poids total du cerveau chez le dromadaire est de 680 g, sa longueur est de 15 cm et son volume de 446 cm^3. La surface corticale atteint 3 222 cm^2 et l'épaisseur du cortex 2,3 mm (figure 3.6).

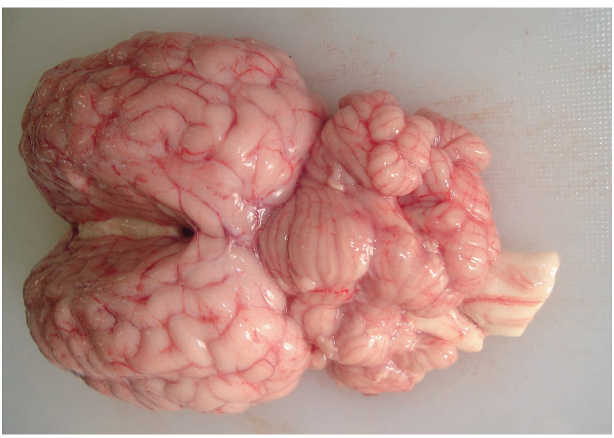


Figure 3.6. Cerveau d'un dromadaire montrant les deux hémisphères avec sa fissure marquée, le cervelet et le bulbe rachidien (photo R. Seboussi)

La surface du cervelet est recouverte de rainures parallèles finement espacées, en contraste frappant avec les grandes circonvolutions irrégulières du cortex cérébral.

Système lymphoïde

Les caractéristiques du système lymphatique des grands camélidés sont le relatif faible nombre de ganglions et certains emplacements inhabituels comme le ganglion thoracique externe ou le ganglion cervical inférieur. Par ailleurs, contrairement aux autres espèces, les ganglions lymphatiques du chameau ne se présentent pas en groupes, mais comme des organes isolés les uns des autres. On trouvera dans le chapitre 13 (« Gestion de la santé »), la position anatomique des principaux nœuds lymphatiques palpables en surface. La particularité de ces nœuds est leur forme lobulée (figure 3.7), ce qui peut amener à les confondre avec les glandes salivaires, et leur dureté due à une forte teneur en tissu fibreux.

Ces nœuds lymphatiques, qui agissent comme des filtres ou des pièges à particules étrangères, ont une signification clinique importante chez le chameau, car ils s'abcèdent aisément quand l'animal est affecté par la « maladie des abcès » (voir chapitre 13, « Gestion de la santé »).

Deux organes importants dans la défense immunitaire de l'animal relèvent du système lymphoïde : la rate et le thymus. Chez le chameau, la rate a une forme semi-lunaire, et en coupe transversale, une forme de virgule (figure 3.8).

Placée au-dessus du sac dorsal du premier compartiment (rumen), la rate a un poids de 1,5 à 1,6 kg. Le thymus, placé devant le cœur, n'est visible que chez le jeune, cet organe disparaissant quelques mois après la naissance.

Système sanguin

Le volume sanguin chez le chameau est plus élevé que pour les autres espèces : il est en moyenne de 93 ml de sang par kilogramme de poids vif contre environ 60 chez le mouton et la vache, 75 chez la chèvre et le cheval. Le volume total de sang est donc d'environ 35 à 55 litres de sang chez un chameau adulte, selon son poids. Un tel volume est à mettre en relation avec la capacité de l'animal à gérer sa température interne en fonction du milieu extérieur, le sang jouant un rôle essentiel dans la thermorégulation. Toutefois, lors de la saignée, seule une partie de ce sang peut être collectée (environ 1/25 du poids de l'animal, soit 15-25 litres).

Le cœur du chameau ne se distingue en rien sur le plan structurel et fonctionnel des autres espèces. Son poids est d'environ 1,5 kg (figure 3.9). La fréquence cardiaque du chameau est en moyenne de 45,6 battements par minute avec une gamme normale de 30 à 57 battements/minutes. Chez le chameau de course, le rythme cardiaque s'accélère jusqu'à 140-150 battements/min. avec un temps de récupération rapide, de l'ordre de 30 minutes, mais avec une diminution de plus de 40 % dès la première minute après la course.

La veine jugulaire est large et facilement visible près de la tête (figure 3.10), ce qui rend les prélèvements de sang relativement faciles dans la partie distale du cou (voir chapitre 13, section « Examen clinique et prélèvements »). En revanche, l'abattage s'effectue en tranchant la veine jugulaire et les carotides dans la partie proximale du cou, près de l'entrée dans la poitrine.

Le pouls est perceptible sur l'artère tibiale postérieure, y compris chez l'animal en position baraquée, bien que ce soit une mesure rarement utilisée.

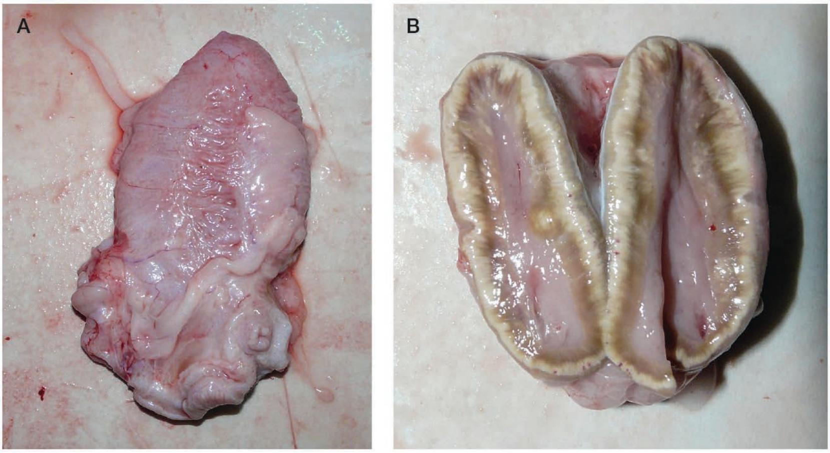


Figure 3.7. Nœud lymphatique. A. Vue générale ; B. Vue en coupe longitudinale



Figure 3.8. Vue générale de la partie supérieure d'une rate de dromadaire

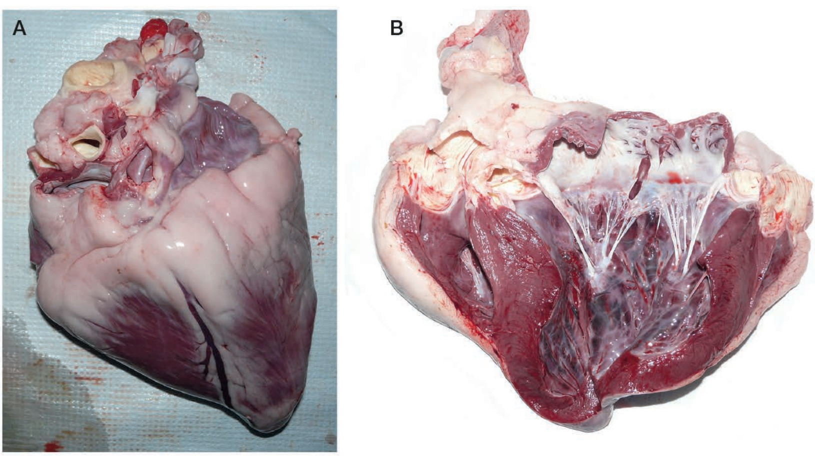


Figure 3.9. Cœur de chameau. A. Vue externe ; B. Vue en coupe longitudinale

Système respiratoire

La particularité du système respiratoire des grands camélidés est d'abord la présence d'une large cavité nasale et de sinus subdivisés en de nombreuses circonvolutions. Il existe notamment, dans le sinus, un sac sinusal aveugle latéral qui n'est observé chez aucune autre espèce. Cette configuration anatomique permet au dromadaire de récupérer une part importante de l'eau au moment de l'expiration par les voies nasales. De plus, celles-ci sont reliées à l'extérieur par des naseaux pouvant se fermer complètement (figure 3.10), évitant ainsi un assèchement de la muqueuse nasale et donc le maintien d'une atmosphère humide dans les voies respiratoires supérieures propices à limiter les pertes hydriques.

Les poumons des camélidés sont dépourvus de lobes, contrairement à ceux des bovins, mais leur structure ne présente aucune particularité notoire (figure 3.11). Chaque bronche principale se divise en une bronche apicale, une bronche cardiaque et les grandes bronches diaphragmatiques. Aucun cartilage ou glande n'est présent dans les bronchioles du dromadaire. Les bronchioles respiratoires sont absentes. La fréquence respiratoire du dromadaire est de 13 à 16 inspirations par minute. Ce rythme peut varier en fonction de la saison (et donc du climat).



Figure 3.10. Veine jugulaire et naseaux

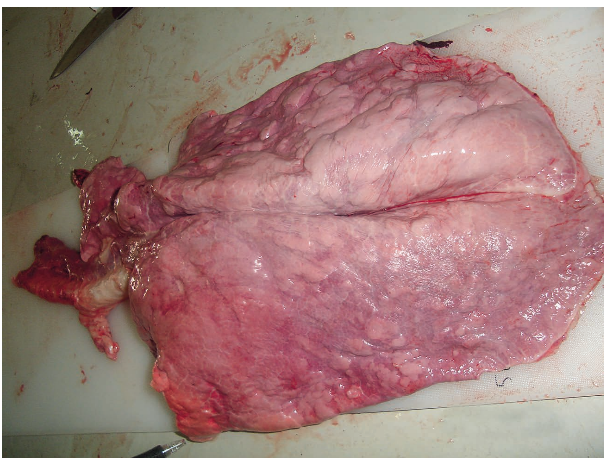


Figure 3.11. Poumons du dromadaire. On note l'absence de lobes (photo R. Seboussi)

Système digestif

L'œsophage du chameau est un long tube musculeux de grande capacité, qui amène le bol alimentaire mastiqué depuis le larynx jusqu'à l'estomac. Du fait de la longueur du cou, cet organe est également long, pouvant mesurer de 1,65 et 2,15 m selon les individus. La muqueuse interne est tapissée de glandes qui sécrètent un mucus abondant pour faciliter le passage des fourrages en les lubrifiant. Au niveau du larynx, l'œsophage du dromadaire présente une épaisse couche de muqueuse striée dans le sens de la longueur (figure 3.12).



Figure 3.12. Coupe d'une portion de l'œsophage de dromadaire montrant, sur la face interne, la couche de muqueuse striée

Les estomacs sont décrits dans la partie consacrée aux bases physiologiques de la digestion (chapitre 8). La partie intestinale du tube digestif ne présente rien de remarquable. La longueur de l'intestin grêle chez l'adulte est d'environ 40 m, et celle du gros intestin d'environ 20 m. La principale particularité à noter est la configuration particulière du colon, car il présente une partie hélicoïdale ce qui permet une réabsorption accrue de l'eau du contenu intestinal et, en conséquence, l'émission de boulettes fécales assez dures, très peu hydratées (figure 3.13).

Le foie, qui pèse près de 7 kg chez l'adulte, est dépourvu de vésicule biliaire, et le canal cholédoque est commun au canal pancréatique unique. Le foie de chameau est de forme triangulaire et comprend 4 lobes principaux et deux faces, pariétale (figure 3.14) sous le diaphragme, et viscérale située au-dessus des intestins auxquels il est attaché par différents ligaments.

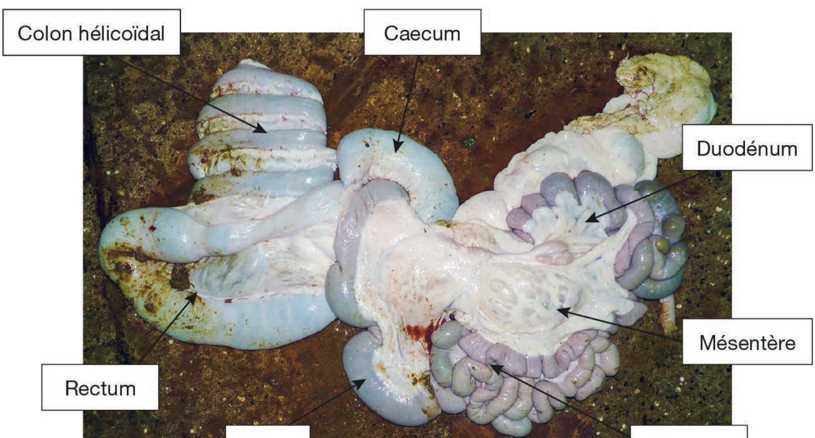


Figure 3.13. Vue générale des parties anatomiques de l'intestin des grands camélidés

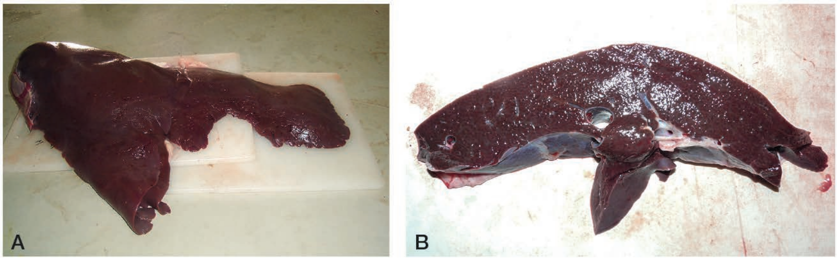


Figure 3.14. Foie de dromadaire. A. Vue pariétale ; B. Vue en coupe transversale montrant la face pariétale en haut et la face viscérale en bas

Le pancréas a une forme indéfinie et se trouve situé entre les estomacs et le duodénum. Son poids est d'environ 170 g. Il est largement recouvert de gras (figure 3.15).



Figure 3.15. Pancréas de dromadaire

Système urinaire

Le rein chez le dromadaire est sans doute l'organe le plus central dans la régulation hydrique et la réabsorption de nombreux métabolites et électrolytes, tout particulièrement au cours du cycle déshydratation/réhydratation rapide. Il joue aussi un rôle important dans le recyclage de l'azote alimentaire (voir chapitre 8 sur le cycle de l'urée). Le rein gauche se situe sous les vertèbres lombaires, juste au-dessus du rumen, près des apophyses transverses des 5e, 6e et 7e vertèbres lombaires, alors que le rein droit est placé avant le gauche, dans le creux du flanc entre la 12e côte et l'apophyse transverse des deux premières vertèbres lombaires.

Le volume du rein de dromadaire est d'environ 850 cm^{3} et son poids d'environ 1 kg. Sur le plan de sa forme, le rein est très différent de celui des bovins : de couleur brune, en forme de haricot et surtout dépourvu de lobes comme celui de l'homme (figure 3.16). Sa structure interne se distingue également par l'épaisseur remarquable de la médulla (la partie située sous le cortex externe), qui témoigne de la présence d'un grand nombre de néphrons (les unités fonctionnelles du rein, sous forme de tubules) et tout particulièrement de très longues « anses de Henlé », la partie recourbée de ces tubules, ce qui contribue à la capacité des camélidés à excréter une urine très concentrée lors

de déshydratation. On a calculé notamment que l'ensemble des tubules représentait une surface moyenne d'échange de 9,5 m², ce qui explique la capacité de l'animal à réabsorber l'eau excrétée, et à récupérer l'urée.



Figure 3.16. Rein gauche de dromadaire en vue générale et en coupe longitudinale (photo R. Seboussi)

Les uretères, qui permettent le transfert de l'urine depuis les reins jusqu'à la vessie, mesurent 50 à 55 cm pour le rein droit situé plus en avant, et entre 35 et 40 cm pour le rein gauche.

La vessie est petite comparée à la taille de l'animal. Vide, elle ne dépasse pas 5 à 7 cm de long et 4 à 5 cm de large et sa capacité est de 600 à 700 cm^3. Elle a la forme d'un œuf (figure 3.17) et sa position est totalement pelvienne, et contrairement aux autres espèces domestiques, elle est située dorsalement par rapport au rectum et à la prostate chez le mâle, ou au vagin chez la femelle.

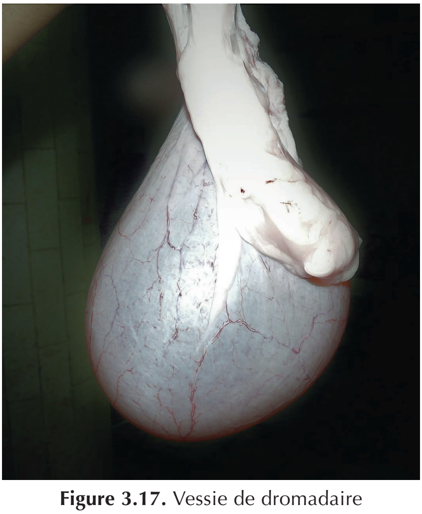


Figure 3.17. Vessie de dromadaire

Système locomoteur

Bien que ne relevant pas de l'anatomie interne, la structure du pied du chameau est suffisamment particulière pour lui consacrer un paragraphe à part entière. En effet, le chameau est dépourvu de sabot, ce qui le range dans le groupe des digitigrades et non des onguligrades. Le pied est large et élastique, doté de deux phalanges (figure 3.18). Entre l'os des phalanges et la sole, se situe pour chaque doigt une boule conjonctive de la taille d'un œuf de poule, extrêmement élastique et agissant comme un amortisseur. Cela explique que, d'une part, le pied épouse aisément les irrégularités du sol et, d'autre part, que le pied s'étale quand l'animal pèse de tout son poids. Contrairement donc aux onguligrades, le pied n'est pas contraint par la muraille des sabots, ce qui explique la faible expression clinique dans le cas de fourbure. Du reste la pression que le pied exerce sur le sol est largement inférieure à celle d'une vache de même poids : respectivement 2,6 et 8,9 Newtons/cm^2.

Un tel pied est donc bien adapté à la marche sur des sols sableux. On le compare facilement à un pneu dont la chambre à air est remplacée par un tissu adipeux qui donne à l'ensemble une souplesse remarquable. La sole est recouverte d'une peau épaisse, cornée et munie d'un derme riche en glandes sudoripares, qui maintient une certaine humidité. Cependant sa composition, si elle facilite les déplacements dans les dunes, rend la progression dans les zones aux sols agressifs (cailloux pointus) plus difficile et parfois traumatisante.



Figure 3.18. Pied de dromadaire. Notons la présence d'un onglon à l'extrémité des 2 phalanges

Concernant la locomotion, la particularité des grands camélidés, contrairement à la plupart des autres quadrupèdes, est la marche à l'amble avec un rythme de 38 à 43 pas à la minute. Le dromadaire est réputé d'ailleurs pour son pas très régulier. C'est sur cette réputation qu'Ératosthène, un mathématicien grec du IIIe s. av. J.-C. a pu estimer à peu de kilomètres près la circonférence de la Terre[1] !

Ce mode de locomotion à l'amble donne à l'animal une allure ondulatoire caractéristique, tout le poids du corps se portant alternativement sur la partie latérale gauche puis sur la partie latérale droite. Une telle démarche serait caractéristique des espèces ou races (en nombre très restreint) vivant dans des

1. https://www.youtube.com/watch?v=dZyeKmytFeA

zones difficiles aux ressources limitées, car elle permettrait une économie notable d'énergie (Senault, 2013). Sur l'animal courant, le trot est l'allure normale. Le galop est exceptionnel et n'est guère observé que chez les animaux de course. Au pas, la vitesse du dromadaire est d'environ 6 km/h. Elle double chez l'animal au trot et triple chez le dromadaire au galop.

Topographie abdominale

La topographie viscérale est intéressante à connaître chez les grands camélidés en cas d'intervention chirurgicale concernant les organes vitaux (césarienne, trocardisation) ou en cas d'investigation médicale (évaluation des rythmes cardiaque et respiratoire, mesure de l'activité ruminale). Pour ces espèces, les examens se déroulant souvent sur l'animal baraqué (décubitus sternal), les planches anatomiques concernent donc le plus souvent l'animal en position assise (Ouhsine, 1989). Elles montrent en résumé les points suivants (figure 3.19) :
– sur la partie latérale gauche, on peut avoir accès au rein gauche refoulé vers l'arrière contre les 5e, 6e et 7e vertèbres lombaires ; à la rate, située au creux du flanc gauche, adhérente au rumen et proche du rein ; au rumen, qui occupe l'essentiel de l'espace abdominal ; au côlon spiral, qui s'intercale entre l'extrémité caudale du rumen et l'entrée de la cavité pelvienne. La caillette ne se projette que sur un espace très petit entre le 6e et 7e espace intercostal ;
– sur la partie latérale droite, la résection de la paroi abdominale permet d'accéder à la masse des circonvolutions du jéjunum, et dans la partie caudale, au côlon terminal, qui se termine par le rectum dans la partie pelvienne ; on peut aussi accéder au foie, entièrement situé à droite, entre la dernière côte et le 6e espace intercostal. La caillette est également visible le long du cercle de l'hypocondre. Le duodénum prolonge la caillette vers l'arrière et le pancréas, situé profondément, se loge sous le lobe caudé du foie. Le rein droit se projette dans le creux du flanc contre les deux premières vertèbres lombaires.

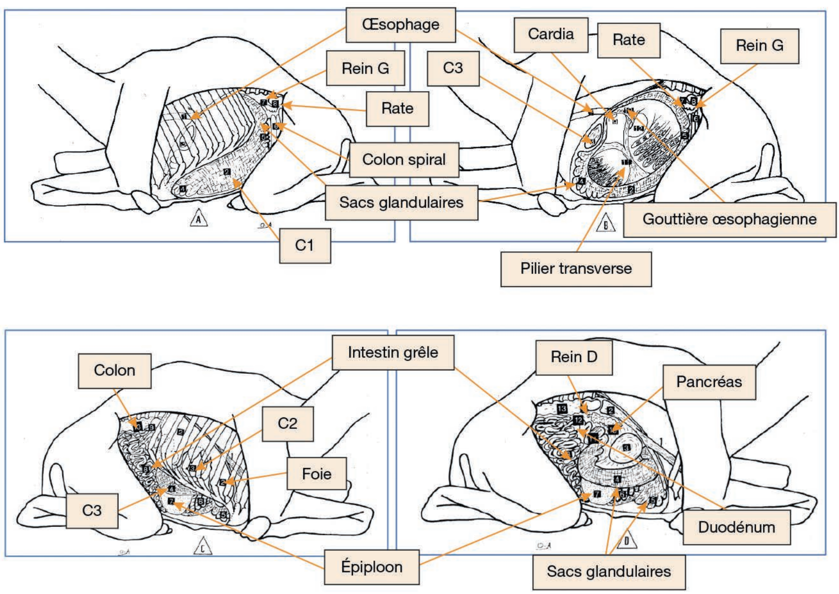


Figure 3.19. Topographie abdominale chez le dromadaire baraqué, vue du côté latéral gauche (figures du haut) et droit (figures du bas) avant et après résection du volet costal (d'après Ouhsine, 1989)

II. Les bases physiologiques des grands camélidés

4. Le cycle de vie des grands camélidés

Les grands camélidés (dromadaire et Bactriane) sont considérés comme des espèces faiblement prolifiques. Dans une vie productive et en dépit d'une certaine longévité (20-30 ans), la femelle ne produit guère que 6 à 8 chamelons dans le meilleur des cas. Certains voient dans ces faibles performances en termes de productivité numérique une adaptation à des conditions difficiles. En effet, dans les milieux à faible disponible alimentaire comme le sont les milieux désertiques ou semi-désertiques, la naissance d'un jeune relève toujours d'un pari, d'abord pour le nouveau-né, toujours fragile (le taux de mortalité dans les milieux extensifs peut atteindre 20 %), mais aussi pour la mère que la mise bas affaiblit et qui puise dans ses réserves corporelles (tout particulièrement sa bosse) pour allaiter son petit et lui assurer une croissance suffisante afin qu'il dépasse sa fragilité. Dans les milieux plus intensifs assurant une alimentation plus régulière et plus riche et des conditions de contrôle sanitaire plus favorables, une amélioration est palpable, tant pour le taux de survie des jeunes que sur le taux de fécondation des femelles reproductrices, contribuant à une meilleure productivité numérique. Mais cela impacte relativement peu le cycle de vie, qui demeure sensiblement le même. Compte tenu des paramètres de la reproduction connus chez les grands camélidés (tableau 4.1), on peut décrire leur cycle de vie comme suit :

– la naissance du chamelon survient après gestation pendant la saison hivernale (au sens large : entre novembre et mars dans l'hémisphère nord), du fait du saisonnement des périodes de reproduction liées à la période de rut chez le mâle, qui se déroule en période hivernale ;

– la croissance du chamelon, s'il survit, est assurée par la production laitière de la mère au moins les premiers mois de sa vie : dans les systèmes extensifs, le sevrage est tardif, rarement avant 6 mois ;

– la puberté survenant en moyenne vers 3-4 ans, les premières mises bas arrivent vers 4-5 ans. L'âge de la puberté est dépendant du poids de l'animal (en moyenne autour de 70-80 % du poids adulte) et donc de l'alimentation pré-pubertaire ;

– la durée de la gestation est en moyenne de 390 jours, soit près de 13 mois, et varie selon le sexe du chamelon, son poids et la saison de mise bas. Elle est plus longue chez le Bactriane ;

– la durée de la lactation peut durer de 6 à 18 mois, avec une moyenne de 12 mois. La production laitière s'arrêtant rapidement après la fécondation, il y a incompatibilité entre gestation et lactation. Il s'ensuit un intervalle moyen entre mises bas de l'ordre de 2 ans, une année consacrée à produire du lait et une année consacrée à produire un fœtus ;

– le poids adulte est atteint vers l'âge de 7 ans ;

– la durée de vie productive de la chamelle est de l'ordre de 10 à 16 ans, bien que des animaux atteignant 30 ans puissent encore vivre dans de bonnes conditions d'alimentation et d'environnement sanitaire ;

– la réforme des femelles arrive tardivement (au-delà de 20 ans) et, dans certains pays, elle est interdite (Arabie saoudite par exemple, sauf cas de force majeure) ;

– les mâles non destinés à la reproduction sont abattus soit avant 2 ans (cas des pays du Golfe), ou lorsque leur poids atteint 250 kg (Tunisie), soit après la puberté (pays sahéliens) ;

– les mâles destinés à la reproduction atteignent leur pleine puberté vers 4 ou 5 ans même s'ils peuvent manifester leur comportement sexuel avant cet âge. Cependant, leur première mise à la reproduction se fait rarement avant 5 ou 6 ans. Ils sont utilisés comme reproducteur pendant 5 à 10 ans selon le turn-over instauré par l'éleveur.

Tableau 4.1. Quelques paramètres de reproduction chez les grands camélidés (intervalle et moyenne)

Paramètres	Intervalle	Moyenne
Âge à la puberté	30-48 mois	36 mois
Âge à la première mise bas	42-72 mois	54 mois
Durée de gestation	370-390 jours*	380 jours
Taux de gémellité		0,4 %
Intervalle entre mises bas	15**-36 mois***	24 mois
Nombre de naissances par carrière	3-8	6
Taux de fécondité annuel du troupeau	30-45 %	35 %

* Gestation plus longue chez la chamelle de Bactriane (deux bosses), pouvant atteindre 410 jours.
** Chez les chamelles non utilisées pour la production laitière et ayant mis bas en début de saison de reproduction.
***Notamment en cas d'avortement.

Au final, les performances de reproduction apparaissent faibles et leur amélioration demeure une demande constante des éleveurs. Les modalités d'amélioration portent sur l'alimentation des jeunes pour accélérer les différentes phases du début de cycle de vie (âge à la puberté, âge à la mise à la reproduction, âge à la première mise bas), sur le contrôle sanitaire des nouveau-nés (augmentation du taux de survie) et sur les capacités reproductives de la femelle (amélioration du taux de fécondité).

La figure 4.1 résume le cycle de vie d'une chamelle jusqu'au premier cycle gestation/lactation.

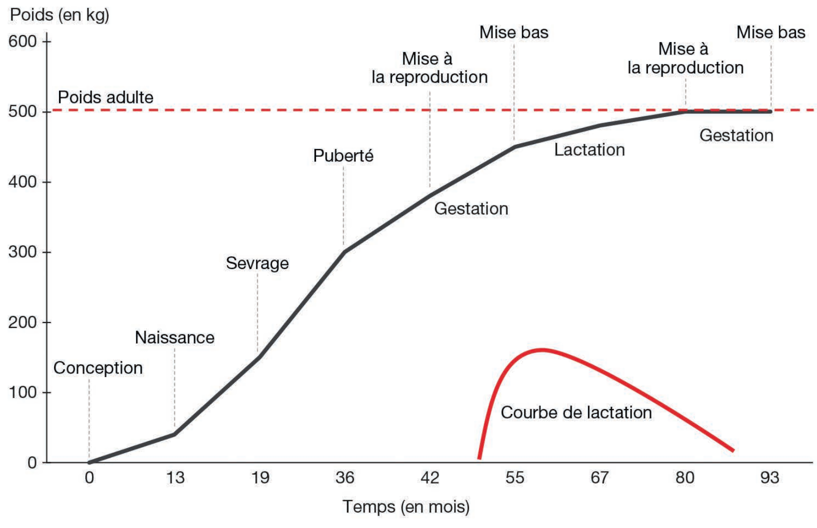


Figure 4.1. Représentation schématique des premières années du cycle de vie d'une chamelle laitière

5. Les mécanismes de l'adaptation

Les naturalistes se sont toujours interrogés sur les capacités physiologiques du dromadaire à s'adapter à la vie désertique, mais ce n'est qu'à partir des années 1950 que des travaux fondamentaux sur la physiologie du dromadaire ont permis de mieux comprendre les mécanismes d'adaptation aux écosystèmes arides. En effet, la plupart des mammifères vivant dans les déserts s'adaptent à la chaleur et à la sécheresse en s'enfouissant dans le sol pendant les heures chaudes, comportement impossible pour un animal de la taille des grands camélidés. Il a donc fallu au dromadaire et au Bactriane développer d'autres arguments pour s'adapter aux conditions de son écosystème d'origine.

Adaptation à la chaleur

La réserve adipeuse de la bosse joue, par sa concentration sur le dos de l'animal, un rôle essentiel dans la thermorégulation. En effet, une telle configuration limite la dispersion du gras sous-cutané sous la peau et donc facilite la dissipation de la chaleur au travers de la peau. La déshydratation, qui s'accompagne pour la plupart des espèces, d'une augmentation de la viscosité sanguine conduisant à une élévation de la température interne souvent fatale (coup de chaleur), n'influe pas sur le sang du dromadaire qui reste fluide, ce qui lui permet de maintenir sa fonction de transfert de chaleur de la périphérie (plus fraîche du fait de l'évaporation) au cœur.

Le dromadaire a également la capacité de faire varier sa température interne en fonction de la chaleur externe : ainsi, lorsque la température ambiante décroît, notamment pendant la nuit, la température interne du dromadaire peut descendre à 34 °C. Durant les heures les plus chaudes, la température rectale peut atteindre 42 °C sans que l'on puisse parler de fièvre. De tels changements de température corporelle sont mortels pour la plupart des mammifères. Ce mécanisme, en diminuant les écarts de température avec l'extérieur, représente un puissant instrument d'adaptation aux variations de températures entre le jour et la nuit. Ainsi, une augmentation de 6 °C de la température corporelle permettrait d'économiser 5 litres d'eau.

Les particularités anatomiques évoquées plus haut signent également une adaptation à la chaleur : en effet, lorsque le sol est chaud et que l'animal se tient debout, ses longs membres isolent la masse corporelle des calories dégagées par le terrain ; lorsque le sol est plus froid, même lorsque le dromadaire se tient en position baraquée, le coussinet sternal maintient l'abdomen légèrement au-dessus du sol, permettant ainsi une circulation d'air favorisant la dissipation de la chaleur. Par ailleurs, aux heures chaudes, le dromadaire se tient préférentiellement face au soleil afin d'exposer la plus faible superficie possible de son corps au rayonnement solaire maximal (figure 5.1). Lorsqu'il est au pâturage, il choisit préférentiellement de brouter les fourrages ligneux plutôt que

les graminées afin de profiter de l'ombre des arbres, tout en s'alimentant, se réservant les zones de prairies steppiques en début et en fin de journée.

L'augmentation de la température externe conduit normalement à une augmentation du métabolisme général par effet de débordement des mécanismes de thermorégulation pour lesquels la glande thyroïde joue un rôle central, car l'activation du métabolisme général est sous sa dépendance. L'activité thyroïdienne augmentant avec la chaleur externe, la production de chaleur métabolique augmente, entretenant un cercle vicieux conduisant au « coup de chaleur » parfois mortel. À l'inverse, chez le dromadaire, l'augmentation de la température interne est associée à une diminution générale du métabolisme, qui se concrétise notamment par une diminution de la consommation d'oxygène. Autrement dit, il est capable de déprimer la production de chaleur interne aux heures les plus chaudes de la journée. On a pu observer que la chaleur et la déshydratation augmentaient la sécrétion de bromure par la glande thyroïde, déprimant l'activité thyroïdienne et donc ralentissant le métabolisme général (Etzion *et al.*, 1987).



Figure 5.1. Pendant les heures chaudes, le dromadaire se place face au soleil pour diminuer la surface de peau soumise au rayonnement solaire (Mauritanie)

Les grands camélidés présentent également une toison d'hiver (tout spécialement les Bactrianes) qui tombe d'elle-même en été (figure 5.2). Une telle toison, abondante durant la période froide de l'année, constitue un excellent isolant qui crée un gradient de température de la surface de la peau à l'extrémité des fibres de laine, réduisant ainsi les pertes hydriques cutanées. La toison du Bactriane en particulier est réputée pour ses propriétés isolantes et anti-UV supérieures à celle des autres espèces lainières (Hasi *et al.*, 2020), ce qui a conduit les institutions de la conquête spatiale à l'époque soviétique, à équiper les cosmonautes en sous-vêtements à base de laine de chameau.



Figure 5.2. Mue d'un chameau de Bactriane
à l'apparition des premières chaleurs (Kazakhstan)

La couleur de la robe est également mise à contribution dans les processus d'adaptation à la chaleur, les couleurs claires (toison blanche à fauve), qui reflètent mieux les rayons solaires, étant prépondérantes dans les populations camelines (figure 5.3). Enfin, on peut noter qu'avec sa peau épaisse, protectrice, munie d'un système de glandes sudoripares qui ne s'active qu'avec une température corporelle dépassant 42 °C, le dromadaire dispose d'une large capacité de stockage calorifique.



Figure 5.3. A. Variabilité de la couleur de la robe chez les grands camélidés (Arabie saoudite) ; B. Gamme des couleurs de robe chez le dromadaire : (1) blanc, (2) jaune, (3) rouge, (4) brun clair, (5) brun foncé, (6) gris, (7) noir, (8) pie noir (d'après Faye *et al.*, 2011)

Adaptation à la sécheresse

Les mécanismes d'adaptation à la chaleur mettent en œuvre des procédures physiologiques qui contribuent également à économiser l'eau comme cela a été souligné dans le chapitre précédent. Mais c'est dans les situations extrêmes, notamment lors de sévères déshydratations que le dromadaire montre ses exceptionnelles qualités d'adaptation à la privation d'eau. La capacité des camélidés à se passer de boire pendant plusieurs jours, voire semaines pour peu que la ration alimentaire soit appétente (riche en eau et en sel), est suffisamment connue pour ne pas avoir à y revenir. Mais, *a contrario*, le dromadaire est aussi capable d'ingérer une grande quantité d'eau en un minimum de temps après une longue séance de privation d'eau, et ce, sans perturber son métabolisme. L'eau ingérée est absorbée par les glandes salivaires, l'estomac et l'intestin avant de rejoindre les espaces intercellulaires et non, comme un public ignorant le croit, la bosse qui n'est pas un organe de stockage hydrique. Le dromadaire est en effet capable de perdre un tiers de son poids en eau sans mettre sa vie en danger, et de récupérer rapidement son poids initial après abreuvement. Une telle perte hydrique, aussi bien qu'une réhydratation aussi rapide sont généralement mortelles chez la plupart des espèces. En effet, un abreuvement rapide et abondant provoque un afflux d'eau inconsidéré dans le système sanguin, ce qui conduit à une dilution du milieu extra-cellulaire (hypotonicité). Pour compenser la différence entre ce milieu hypotonique, et le cytoplasme interne des globules rouges (hématies) hypertonique, ceux-ci se gonflent d'eau jusqu'à éclater (hémolyse). Or, le dromadaire possède des hématies extrêmement résistantes à l'hypotonicité, en lien avec la composition de sa paroi cellulaire (Al-Qarawi et Mousa, 2004). Globalement, après réhydratation, le retour à un état cellulaire et métabolique antérieur à la privation d'eau est d'environ 4 h pour les cellules sanguines et les fonctions rénales.

Le renouvellement de l'eau (turn-over hydrique) chez le dromadaire est particulièrement faible, comparé aux autres espèces (figure 5.4), bien que le pourcentage d'eau corporelle soit plus important : 72 *vs* 60 à 65 % chez les autres espèces d'herbivores domestiques.

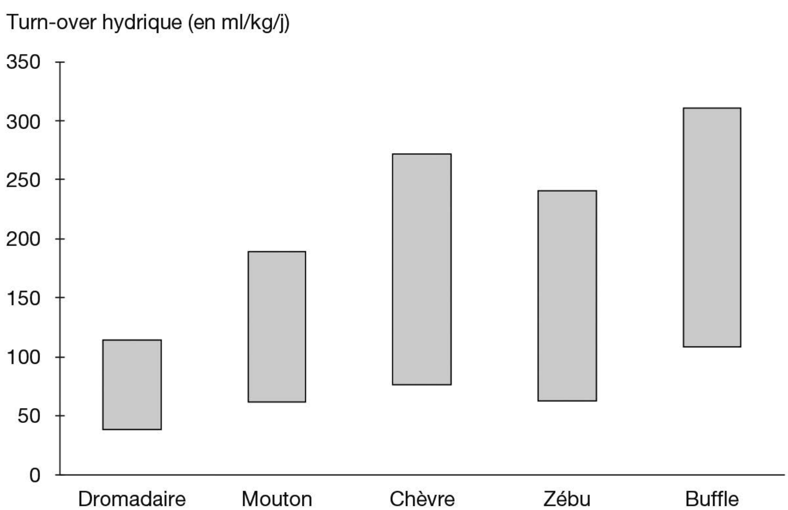


Figure 5.4. Comparaison des turn-over hydriques entre différentes espèces domestiques

L'absorption hydrique commence par les glandes salivaires. Un dromadaire normalement hydraté produit une grande quantité de salive (environ 20 l/j et par glande !), mais chez l'animal déshydraté, la production de salive peut chuter à 1 l/j sans affecter l'ingestion.

Cependant, les principaux organes de stockage de l'eau ingérée demeurent les estomacs. Aussi longtemps que possible, un chameau affecté par la soif, maintient une part importante d'eau, notamment dans le compartiment C1 (rumen), ce qui assure un passage fluide des ingesta dans les autres compartiments gastriques et dans l'intestin, ce qui lui permet de maintenir son appétit. Une réabsorption hydrique massive s'opère au niveau terminal des intestins, provoquant l'excrétion de crottes particulièrement sèches. En effet, le pourcentage de matière sèche des excreta de dromadaire est d'environ 50 %, contre 30 % pour les petits ruminants et 15 % chez les bovins. Chez le dromadaire déshydraté, le taux de matières sèches fécales augmente un peu (55 %) alors qu'il ne change pas chez les bovins. Au final, le dromadaire perdrait 7 fois moins d'eau par la voie fécale que les bovins.

Dans les mécanismes d'adaptation à la sécheresse, l'excrétion urinaire est évidemment essentielle. À ce titre, le rein est un organe central dans la régulation hydrique, contribuant en cas de déshydratation, à une forte réabsorption de l'eau et des électrolytes, et à l'excrétion d'une urine concentrée. On a pu ainsi comparer les volumes urinaires de dromadaires et de moutons déshydratés : ce volume représente 0,1 % du poids du dromadaire, contre 2 % chez le mouton. L'urine de dromadaire déshydraté est 2 fois plus concentrée que l'eau de mer. Une telle capacité à éliminer une urine très concentrée contribue à expliquer la grande tolérance du dromadaire au sel et sa capacité à se contenter d'eau saumâtre. Le chameau sauvage de Tartarie a poussé à l'extrême cette capacité, à tel point qu'il pourrait survivre en ne buvant que de l'eau de mer. Grâce à ce mécanisme, sous une température de 42 °C, le dromadaire perd environ 20 g d'eau/kg de poids vif (PV)/j contre plus de 40 g chez le mouton.

Globalement, les grands camélidés mettent donc en œuvre deux mécanismes complémentaires pour lutter contre la déshydratation : une minimisation de pertes en eau et une optimisation des ressources hydriques.

Adaptation à la sous-alimentation

Si les milieux arides sont des écosystèmes chauds et secs, ils se caractérisent aussi par la faiblesse des ressources alimentaires, leur grande dispersion spatiale et une forte variabilité saisonnière, voire interannuelle (figure 5.5). Les grands camélidés, dans un tel contexte, n'y survivent que grâce à leur capacité à gérer au mieux la faible densité et la faible valeur nutritive de la végétation désertique. On verra dans le chapitre 8 (« Physiologie de la digestion ») comment celle-ci peut expliquer la meilleure capacité des grands camélidés à mieux digérer et valoriser les fourrages pauvres que les autres herbivores domestiques. L'adaptation à la sous-nutrition énergétique au travers de la gestion des réserves adipeuses concentrées dans la bosse (voir l'encadré 13.1 sur la note d'état corporel), et l'adaptation à la sous-nutrition protéique grâce à l'efficience du cycle de l'azote (voir chapitre 8, section « La digestion chez les grands camélidés ») sont en effet des caractéristiques de l'espèce. En contrepartie, les rations alimentaires trop riches, notamment sous des latitudes plus favorables (pays occidentaux) peuvent être à l'origine de troubles métaboliques sévères.

L’adaptation à la sous-nutrition concerne aussi les minéraux majeurs et mineurs qui, bien que largement présents dans des écosystèmes dominés par le minéral, peuvent conduire à des situations de carence ou de toxicité (voir chapitre 12, section « besoins en minéraux et vitamines »).



Figure 5.5. Les milieux désertiques se caractérisent par les amplitudes thermiques, la sécheresse et la rareté des ressources alimentaires : dromadaire dans le désert de Khowaar (Arabie saoudite)

6. Les bases physiologiques de la reproduction

Le présent ouvrage étant généraliste, on se limitera ici aux grandes lignes à connaître pour assurer une des fonctions importantes de l'élevage. Pour plus de détails on se reportera au remarquable ouvrage de Tibary et Anouassi (1997) cité dans les références en fin d'ouvrage.

Le cycle sexuel chez la chamelle

La chamelle, contrairement à la vache, n'exprime pas de « chaleurs » très visibles. Pour autant, elle n'est pas dépourvue de cycle œstral bien que, pour les grands camélidés, le terme apparaît discutable. En effet, la caractéristique principale de la physiologie reproductive chez la femelle dromadaire ou Bactriane est que l'ovulation est provoquée par l'accouplement. En conséquence, le cycle complet ne se déroule qu'en présence du mâle reproducteur et en cas d'accouplement effectif. En l'absence du mâle, le cycle se limite en une succession de « vagues folliculaires » selon une périodicité qui varie de 3 à 4 semaines. Arrivé à maturation, le follicule ne délivre l'ovule que s'il y a un accouplement. En l'absence de fécondation, le follicule régresse, permettant le développement du suivant. Si l'ovule est fécondé, le follicule se maintient et il se transforme en follicule de gestation ou « corps jaune ».

Les « vagues folliculaires » présentent plusieurs phases, liées à des changements hormonaux, que l'on décrit ainsi (figure 6.1) :
– une phase de croissance qui dure 2 à 6 jours, pendant laquelle plusieurs follicules augmentent de taille et émergent à la surface de l'ovaire. Leur taille atteint 2 à 3 mm environ ;
– une phase de dominance, pendant laquelle, parmi les follicules ayant présenté une croissance, seulement un ou deux atteignent une taille d'environ 8 mm de diamètre. Cette phase dure également de 4 à 6 jours ;
– une phase de maturation qui concerne le follicule dominant (plus rarement au nombre de deux), qui dure en moyenne 13 jours (entre 5 et 19 jours selon les observations) et se traduit par une croissance du diamètre, puis une relative stagnation de la taille lorsqu'il atteint le stade de pré-ovulation. Cette taille peut arriver à 25 mm. L'ovulation survient au moment de l'accouplement. Dans ce cas, le follicule évolue vers la constitution d'un corps jaune dont la caractéristique chez les grands camélidés est de se développer lentement, mais de disparaître rapidement en cas de non-implantation de l'embryon ;
– une phase de régression qui survient en absence d'accouplement et dure de 4 à 18 jours. Le follicule devient atrétique ou cystique selon les cas. Le premier cas est une dégénérescence naturelle d'une durée variant de 4 à 18 jours. Le second cas correspond à l'évolution vers un kyste anovulatoire, parfois hémorragique, de régression lente (jusqu'à 45 jours) et qui retarde l'émergence d'un nouveau cycle.

La question qui se pose à l'éleveur est la détection de la période pendant laquelle la femelle accepte l'accouplement. Près de la moitié des chamelles n'exprimant aucun ou faiblement des signes de chaleur (chevauchement d'une femelle par une autre femelle), et ces signes pouvant survenir en dehors de la phase pré-ovulatoire, il paraît difficile de s'appuyer sur ces changements de comportement pour détecter la période adéquate. Ce pourquoi, dans la plupart des cas, le mâle est mis en présence des femelles pendant la période de reproduction, car lui seul est capable de détecter la phase œstrale.

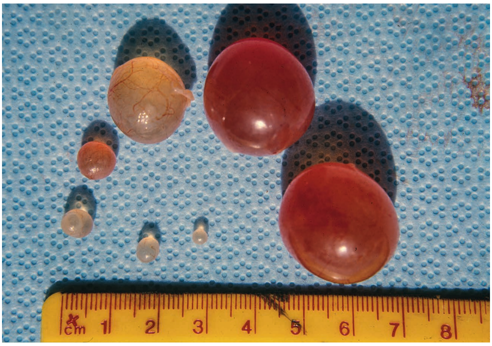


Figure 6.1. Follicules de dromadaire à différentes tailles et degré de maturation (source : Tibary et Anouassi, 1997)

Le cycle sexuel chez le mâle

Le mâle dromadaire ou Bactriane se caractérise par un cycle sexuel saisonnier. En effet, une période de rut survient lors des mois d'hiver (en moyenne entre novembre et mars dans l'hémisphère nord) sans doute en relation avec la température et la durée du jour. L'activité sexuelle du mâle est dépendante de la testostérone qui, chez les grands camélidés, augmente d'un facteur 10 voire 15 entre les périodes de repos sexuel et les périodes de rut. En effet, le taux de testostérone dans le sérum passe d'un niveau de base de 2 ng/ml à un maximum de 35 ng/ml au cœur de l'hiver (figure 6.2).

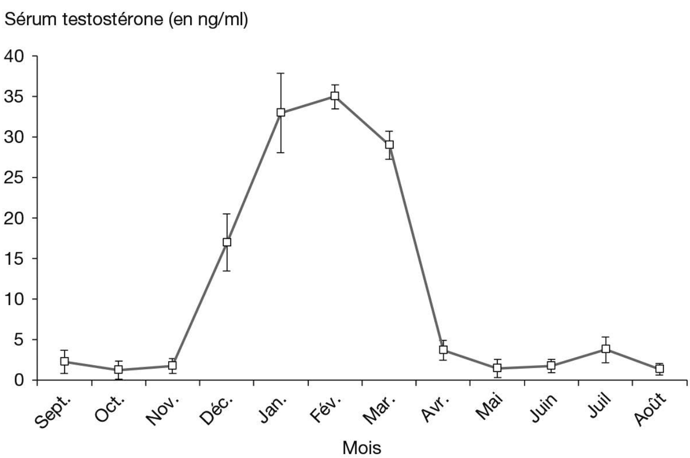


Figure 6.2. Évolution du taux de testostérone sanguin chez le dromadaire mâle au cours de l'année (source : Faye et Bengoumi, 2018)

Concrètement, un tel cycle se traduit par des changements morphologiques des testicules, qui augmentent de taille pendant la période de rut (figure 6.3) et surtout par des modifications du comportement.

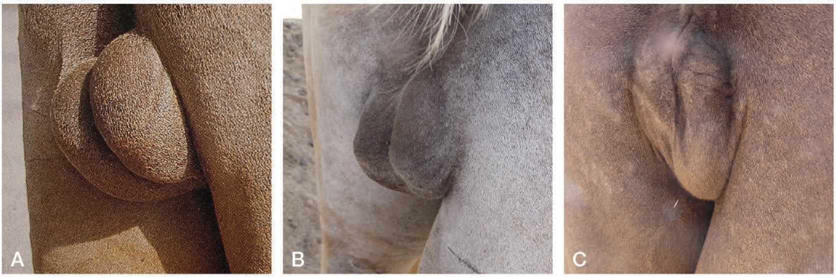


Figure 6.3. Changements de la morphologie testiculaire. A. Période de rut ; B. Période intermédiaire ; C. Période de repos sexuel

Pendant la période de rut, le mâle reproducteur présente les caractéristiques comportementales suivantes :

– agressivité : pendant le rut, le mâle devient agressif et peut s'en prendre aux autres mâles dans de véritables combats, mais aussi aux personnes, et les blessures qu'il impose (notamment les morsures) peuvent être dangereuses. Le mâle en rut doit donc être manipulé avec précaution, même si, pendant les périodes de repos sexuel, il apparaît très doux et amical avec les personnes. Du fait de cette agressivité, il perd l'appétit et maigrit. Il peut perdre jusqu'à 35 % de son poids. Parfois, son transit intestinal est accéléré et il présente de la diarrhée. C'est en s'appuyant sur ce comportement que sont organisés en Turquie les festivals de lutte cameline. Il faut donc éviter de faire cohabiter plusieurs mâles reproducteurs dans un même troupeau en période de rut, d'autant que s'instaure une compétition pour la domination du troupeau de femelles ;

– extériorisation du voile du palais : pendant le rut, le mâle extériorise la partie molle de son voile du palais (la cloison séparant la cavité buccale de la cavité nasale), particularité anatomique des grands camélidés qu'on dénomme la « dulla » (figure 6.4). Il peut répéter régulièrement ce comportement tout au long de la saison de rut. À noter que cette extériorisation (que les non-avertis confondent avec la langue) survient le plus souvent à la droite de la bouche, en émettant un bruit de gargouillis désagréable. Le phénomène est accompagné de l'émission d'une bave mousseuse ;



Figure 6.4. Extériorisation du voile du palais chez un mâle dromadaire en rut

– grincements de dents : la période de rut est aussi le moment de l'apparition de grincements de dents par frottement latéral des molaires émettant un bruit métallique désagréable ;
– excrétion des glandes occipitales : le mâle présente deux glandes situées à l'arrière de la tête (dites glandes occipitales), qui sécrètent un liquide dense, opaque, de couleur brune presque noire, particulièrement abondant en période de rut (figure 6.5). Ce liquide à l'odeur fétide contient des stéroïdes androgènes et des phéromones avec lequel l'animal marque son territoire (quand il est à l'extérieur) en se frottant sur les arbres ou les éléments de l'enclos ;



Figure 6.5. Excrétion des glandes occipitales à l'arrière de la tête chez un mâle en rut

– marquage urinaire : le marquage du territoire se fait avec le liquide des glandes occipitales, mais aussi avec l'urine que l'animal disperse en prenant une posture particulière consistant à écarter les membres postérieurs et à asperger son urine par des mouvements verticaux de sa queue autour de lui et sur lui, si bien qu'au bout de quelques semaines, l'arrière-train est recouvert d'une croûte noirâtre, mélange d'urine et de terre ou de sable (figure 6.6) ;



Figure 6.6. Posture de marquage urinaire du mâle lors des périodes de rut (source : Tibary et Anouassi, 1997)

– attitudes prénuptiales : vis-à-vis des femelles en période d'acceptation de l'accouplement, le mâle les poursuit, renifle leur flanc ou leur périnée et défend sans cesse son « harem » face aux autres mâles, voire des personnes présentes dans le troupeau. Il prend fréquemment aussi une posture spécifique appelée *flehmen* (figure 6.7). Puis il force la femelle à baraquer pour l'accouplement avant de s'accroupir sur l'arrière de la bosse pour s'accoupler.



Figure 6.7. Posture caractéristique de *flehmen* chez le mâle dromadaire avant l'accouplement

L'accouplement

L'accouplement chez les grands camélidés se fait en position dite baraquée (assise) pour la femelle (figure 6.8). La caractéristique dans cette espèce de grand herbivore est la durée de la copulation qui peut varier de 5 à 25 minutes selon la saison d'accouplement et l'âge du reproducteur. L'éjaculation survenant tout au long de la copulation, le taux de réussite augmente avec la durée de l'accouplement. Dans certains cas (jeunes mâles inexpérimentés, mâles potentiellement agressifs), l'éleveur peut être amené à assister le mâle en facilitant l'intromission du pénis, évitant ainsi les interactions parfois dangereuses et l'introduction de sable dans les parties génitales de la femelle.



Figure 6.8. Accouplement assisté chez le dromadaire

On trouvera dans le chapitre 9 « Gestion de la reproduction », les informations sur les pratiques de gestion visant à améliorer la productivité numérique d'un cheptel camelin.

La gestation

La gestation chez la chamelle est longue (près de 13 mois en moyenne) et a lieu presque toujours dans la corne utérine gauche, l'utérus étant bifide (figure 6.9).

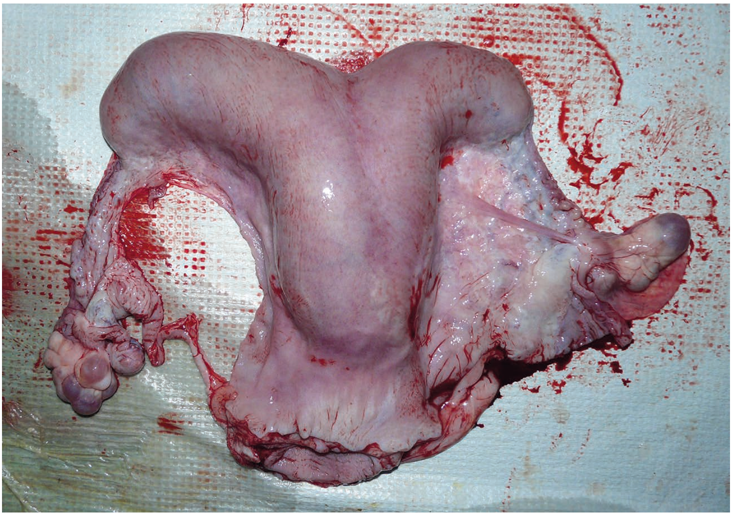


Figure 6.9. Utérus de chamelle. La corne gauche apparaît plus développée que la corne droite ; elle est le lieu de la gestation

L'embryon est implanté dans l'utérus à partir du 6e jour après l'ovulation et s'y fixe environ au 20e jour. S'il arrive que l'embryon apparaisse dans la corne droite de l'utérus, dans la quasi-totalité des cas, il migre vers la corne gauche, probablement car la corne gauche est plus développée. On ignore cependant le mécanisme de cette migration. Même si, parfois, il peut y avoir de façon naturelle des ovulations multiples, la naissance de jumeaux est très rare : entre 0,1 et 0,4 %. La mortalité embryonnaire précoce est par ailleurs assez fréquente, de même que les avortements, qui peuvent affecter 10 % des gestations dans certains troupeaux. Le placenta des grands camélidés est de type diffus épithéliochorial, similaire donc à celui du cheval et par conséquent fort différent de celui de la vache. De ce fait, la rétention placentaire est rarement observée chez la chamelle après la mise bas. Chez tous les camélidés, il existe une membrane extra-fœtale dénommée épithélion, qui recouvre entièrement le fœtus et évite un contact direct avec le liquide amniotique, contrairement aux autres espèces. Cette membrane agirait comme un lubrifiant au moment de la parturition et serait un élément protecteur contre la déshydratation.

La parturition

Les premiers signes de l'accouchement (encadré 6.1) s'observent quelques semaines avant. Il s'agit d'abord du développement de la glande mammaire (environ 2 semaines avant), particulièrement visible chez les primipares.

Puis environ 15 jours avant la parturition, on observe un début de relâchement du ligament sacrosciatique, qui se situe de chaque côté du bassin, et un œdème de la vulve (figure 6.10) qui, lui, apparaît quelques jours avant.



Figure 6.10. Œdème de la vulve chez une chamelle en phase de début de parturition

L'accouchement proprement dit comprend 3 phases :

– une étape préparatoire qui peut durer de 3 à 48 heures, pendant laquelle la future mère montre de l'anxiété, ne cesse de bouger, s'isole du troupeau et dans quelques cas laisse apparaître la poche des eaux (figure 6.11) ;



Figure 6.11. Apparition de la poche des eaux, signalant le début de l'expulsion du fœtus

– une étape d'expulsion du fœtus, qui démarre avec la rupture de la poche des eaux et a une durée très variable, en moyenne entre 5 et 45 minutes selon la puissance des contractions, l'âge de la mère et le poids du chamelon. Dans la plupart des cas, le fœtus sort la tête en premier reposant sur les membres antérieurs. La femelle accouche en position couchée sur le côté, mais quelquefois debout. Les dystocies (difficultés d'accouchement) sont peu fréquentes dans cette espèce (figure 6.12) ;



Figure 6.12. Phase d'expulsion du fœtus lors de l'accouchement d'une chamelle

– une étape d'expulsion du placenta, assez rapide chez les grands camélidés (environ 40 minutes). Le placenta est assez lourd, pouvant atteindre 10 kg chez les nouveau-nés les plus lourds.

Après la naissance, le chamelon est capable de se tenir assis au bout de 5-15 minutes (figure 6.13), de se lever rapidement et d'être à même de téter dès la première heure.



Figure 6.13. Chamelon juste après la mise bas encore enveloppé de l'épithélion

L'instinct maternel se traduit dès la naissance par une reconnaissance du chamelon à son odeur (figure 6.14). Pendant l'accouchement, la montée de lait sous l'effet des hormones peut conduire à une éjection naturelle du lait.



Figure 6.14. Reconnaissance du chamelon à son odeur par la mère quelques minutes après la mise bas

L'involution vulvaire et utérine après l'accouchement survient en quelques jours pour la vulve et quelques semaines pour l'utérus (environ 3 semaines). Les lochies, écoulements vulvaires post-partum sont en faible quantité chez les grands camélidés.

Le premier retour des chaleurs après la naissance se produit à un intervalle très variable. La cyclicité peut reprendre tout de suite après la naissance – surtout si le chamelon ne survit pas – et dans de bonnes conditions d'alimentation.

Mais, en moyenne, l'anœstrus post-partum dure une trentaine de jours et l'accouplement peut avoir lieu dès le 45e jour post-partum. Cependant, l'ovaire reste souvent inactif pendant une partie de la lactation : c'est l'anœstrus de lactation. Toutefois, si la mise à la reproduction n'est pas incompatible avec la lactation, la production laitière chute, puis s'arrête en quelques semaines après le début de la gestation (voir chapitre 9 « Gestion de la reproduction »).

Encadré 6.1. Les phases d'un accouchement eutocique chez la chamelle



Figure 6.15. A et B. Le nouveau-né se présente en position « normale » (tête et membres antérieurs en premier). C-E. L'intervenant ne fait que faciliter l'expulsion, la mère s'étant couchée sur le côté (en général, la femelle reste debout), en accompagnant les contractions. F-H. À la sortie du chamelon, la mère se relève et reconnait son petit à l'odeur

7. Les bases physiologiques de la lactation

La morphologie mammaire

Comme la vache, la chamelle possède une mamelle composée de 4 quartiers, mais non séparés par un sillon. L'organe mammaire est implanté sous l'abdomen (mamelle inguinale) et les trayons sont généralement plus fins et moins longs que ceux de la vache laitière. La morphologie générale de la mamelle est variable d'une race à l'autre, mais, du fait de l'absence de sélection sur ce caractère, la variabilité est également très importante d'un individu à l'autre (figure 7.1).



Figure 7.1. Types de morphologie mammaire chez la chamelle laitière. On distingue généralement 6 types de morphologie mammaire chez la chamelle. A. cylindrique ; B. en entonnoir ; C. en bouteille ; D. pendulaire ; E. pyriforme ; F. globulaire

L'anatomie interne de la mamelle se caractérise chez les grands camélidés par :
– la présence de plusieurs canaux du trayon, ce qui a des implications pour les traitements locaux aux antibiotiques en cas de mammites ;
– une citerne peu développée, à l'inverse des cellules lactogènes (acinis alvéolaires), ce qui conduit de fait à une plus faible réserve de lait « citernal » (de 1 à 15 % selon les individus, avec une moyenne de 8 %) comparé au lait « alvéolaire ». Le rapport lait citernal/alvéolaire est comparable à ce qu'on observe chez la bufflonne, mais est très différent de celui de la vache laitière (environ 35/65) et encore plus de celui de la chèvre laitière (80/20).

Une telle morphologie a des conséquences importantes pour l'adaptation à la machine à traire ou la stimulation mammaire (voir chapitre 10 « Gestion de la traite »). Mais, surtout, elle permet de comprendre la dynamique de flux de lait lors de la traite. En effet, le lait citernal, stocké entre les traites dans la citerne et les gros canaux galactophores, est disponible immédiatement, dès que s'ouvre le sphincter du canal du trayon. Le lait alvéolaire, stocké dans les acinis, ne peut pas s'écouler seul et l'éjection nécessite la contraction des cellules myoépithéliales qui entourent les acinis. L'ouverture du sphincter, aussi bien que la contraction de cellules myoépithéliales sont sous la dépendance d'une hormone, l'ocytocine.

Le flux de lait

Pour mesurer le flux de lait, on utilise un appareil qui permet d'enregistrer les volumes produits par unité de temps. C'est un enregistreur automatique qui n'est opérationnel qu'en cas de traite mécanique. Il est dès lors mis en place entre la mamelle et le pot trayeur (figure 7.2).



Figure 7.2. Dispositif d'enregistrement automatique du flux de lait au cours de la traite. Le matériel est de type Lactocorder©

Les données sont enregistrées sur un support électronique relié à un logiciel qui permet de stocker toutes les informations sous forme de tableaux et de graphiques. Lors de la traite, le flux de lait comprend plusieurs phases :

– une phase de stimulation, en général assurée par le chamelon qui commence la tétée, plus rarement par massage des trayons pratiquée par le trayeur. La stimulation déclenche la sécrétion de l'ocytocine, qui agit très rapidement sur l'ouverture du sphincter obstruant le canal du trayon, puis sur les cellules acinis et permet en conséquence, l'éjection du lait;

– une phase ascendante, qui dure quelques secondes, pendant lesquelles le flux de lait augmente progressivement, pour atteindre un maximum (rarement plus de 2 l/min);

– une phase plateau, dont la durée varie en fonction du potentiel laitier de la chamelle et pendant laquelle, le flux de lait est à peu près constant;

– une phase descendante, de durée également variable et qui aboutit à l'arrêt de la lactation (figure 7.3).

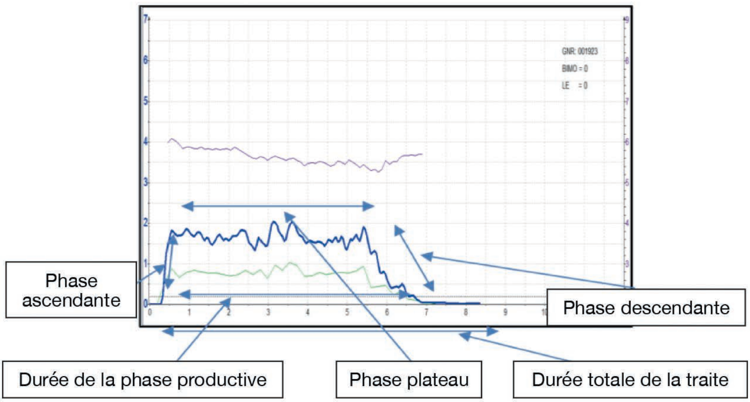


Figure 7.3. Graphique de flux de lait chez une chamelle

Cependant, il existe plusieurs types de courbe de flux de lait. On peut en répertorier au moins 3 grands types : (i) traite rapide, qui se caractérise par une phase ascendante très courte avec un pic qui dépasse les 2 voire les 3 l/min, suivie d'un plateau également très court et d'une phase descendante progressive. Ce profil est caractéristique des chamelles faciles à traire, mais pas nécessairement les plus fortes productrices; (ii) traite bimodale, qui se caractérise par deux pics correspondant à l'éjection du lait citernal (premier pic), puis dans un second temps, du lait alvéolaire. Il pourrait être lié à une insuffisance de stimulation et d'un effet retard de l'hormone ocytocine; (iii) traite lente, où la phase plateau est remplacée par une courbe descendante très progressive.

On trouvera dans le chapitre 10 (« Gestion de la traite »), comment interpréter les relevés d'un enregistreur de lait. Plusieurs études ont montré que la production de lait n'était pas la même selon les quartiers de la mamelle. Comme pour la vache, les quartiers arrière sont plus productifs que les quartiers avant : les quartiers arrière produisent environ 55-60 % du lait total.

La courbe de lactation

La production de lait démarre au moment de la mise bas, mais le volume de lait produit n'est pas constant au cours de la lactation. Ce volume dépend de

nombreux facteurs : génétique, alimentation, intervalle entre les traites, qualité de la stimulation, conditions météorologiques, stress et savoir-faire du trayeur ou paramètres de la machine à traire, présence de maladies, notamment de mammites, et bien évidemment stade physiologique de la femelle, c'est-à-dire début, milieu ou fin de lactation. Globalement, la courbe de lactation exprime l'évolution de la production au cours de la lactation. Pour décrire cette courbe, on utilise plusieurs paramètres :

– la durée totale de la lactation, qui varie de 6 à 18 mois avec une moyenne de 12 mois environ et qui dépend du niveau de production de la chamelle et de la qualité de l'alimentation. Il ne faut pas confondre cette durée avec la durée totale de la production de lait, qui est liée à la traite, les premières semaines étant entièrement consacrées à l'allaitement du chamelon ;
– la production initiale juste après la mise bas ou au début de la traite ;
– la durée de la phase de production croissante, qui se déroule sur une période variant de 2 à 4-5 mois selon les individus ;
– la production au pic de lactation, qui, chez la chamelle, n'est pas très prononcé et se présente plutôt sous la forme d'un plateau pouvant durer plusieurs semaines. On prend en compte dans ces cas-là le maximum produit en 24 h ;
– le moment du maximum produit (en jours post-partum) ;
– la durée de la phase descendante ;
– le taux de persistance, qui reflète la pente de décroissance de la production et qui est estimé en calculant la diminution entre deux contrôles laitiers (en général un mois) ramenée à la durée totale de la phase descendante. Chez la chamelle, le taux de persistance est plus élevé que chez la vache laitière, c'est-à-dire que la décroissance de la production est plus lente ;
– le moment du tarissement, sachant que, chez la chamelle, comme les niveaux de production sont relativement faibles, l'arrêt de la production est la plupart du temps naturel et ne nécessite pas de diète hydrique comme chez les vaches laitières hautes productrices.

La courbe de lactation (figure 7.4) varie selon le rang de lactation de la mère (elle est plus « aplatie » chez les primipares), le mois de mise bas (elle est plus

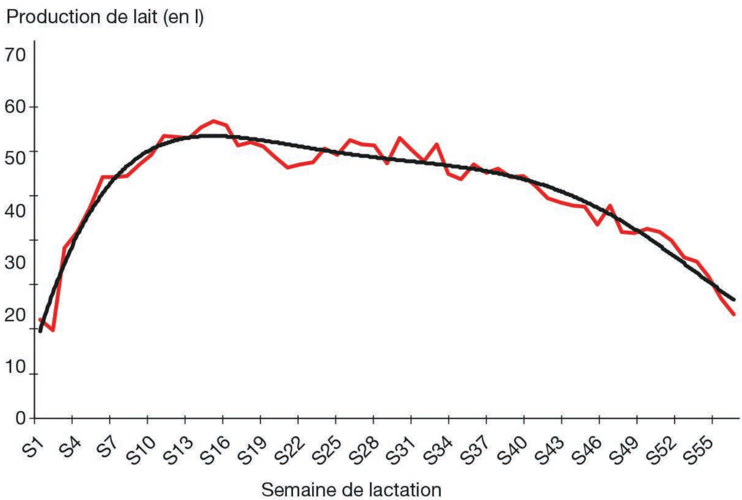


Figure 7.4. Exemple d'une courbe de lactation réelle (en rouge) et modélisé (en noir) pour une chamelle de rang de lactation 2 et calculé à partir de la production hebdomadaire (source : Aziz *et al.*, 2016)

courte pour les mises bas tardives survenant au printemps), et bien entendu le niveau de production (le pic de lactation est moins prononcé quand le potentiel dépasse 3 000 l de lait/an).

Les modèles développés par plusieurs chercheurs permettent d'estimer la production totale espérée à partir de la production initiale, de la production au pic et du taux de persistance. Dans l'exemple de la figure 7.5 ci-dessous sont présentés deux types très contrastés de courbe de lactation concernant une chamelle faiblement productrice (2,9 kg/jour) et une chamelle fortement productrice (14,8 kg/jour avec un maximum de 30 kg).

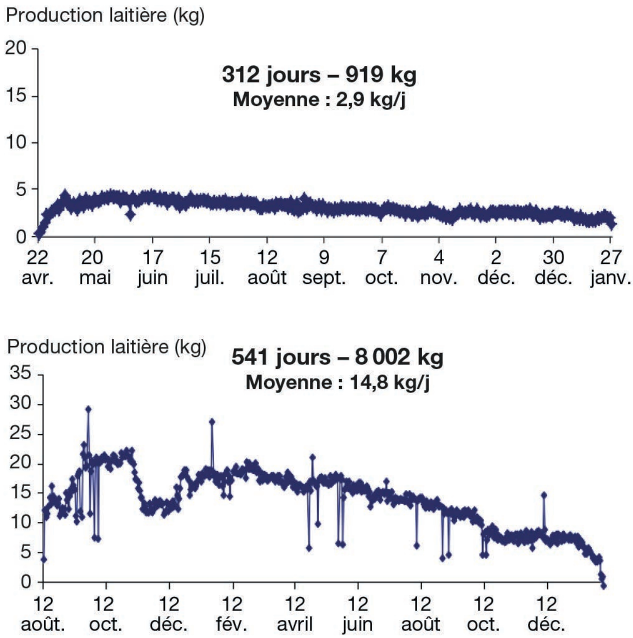


Figure 7.5. Exemple de deux courbes extrêmes (faible productrice en haut et forte productrice en bas) concernant deux chamelles de la ferme *Camelicious* à Dubaï (source : Nagy et Juhasz, 2009)

8. Les bases physiologiques de la digestion et de la nutrition

Les grands camélidés sont des pseudo-ruminants. Cela signifie qu'ils ont la physiologie des ruminants, mais ils n'appartiennent pas au groupe des ruminants du point de vue taxonomique (sous-ordre des Ruminantia). Dromadaires et Bactrianes présentent en effet des particularités physiologiques dans la digestion des nutriments qui impactent leur comportement alimentaire et leur type d'alimentation, même si, en tant qu'herbivores, ils sont susceptibles d'utiliser les mêmes ressources alimentaires que les vrais ruminants.

La digestion chez les grands camélidés

Comme tous les herbivores ruminants, les grands camélidés sont des polygastriques. Ils ont plusieurs estomacs avec des fonctions spécifiques. Cependant, l'anatomie des estomacs diffère sensiblement. Si les ruminants disposent de 4 estomacs, les grands camélidés n'ont que 3 compartiments, dénommés C1 (correspondant au rumen), C2 (correspondant au réticulum) et C3 (correspondant à la fusion de l'omasum et de l'abomasum), bien que, du point de vue interne, la partie distale de C3 se distingue par l'existence de glandes à mucus dans lesquelles se produit de l'acide chlorhydrique intervenant dans la digestion, si bien que certains décrivent un compartiment C4. Le compartiment C1 est lui-même subdivisé en deux « sacs » qui comprennent eux-mêmes sur leur partie ventrale des culs-de-sac arrondis, appelés sacs glandulaires ou encore sacs aquifères (figure 8.1).

Cette configuration anatomique permet à l'animal de séparer dans les estomacs le bol alimentaire en deux phases, l'une solide, l'autre liquide. La conséquence en est la plus longue présence des particules ingérées dans les estomacs. Or, comme chez les ruminants, la digestion se fait par les bactéries présentes. Ces bactéries vont digérer la cellulose des plantes et les autres composants à partir desquels elles vont synthétiser les protéines qui seront absorbées au niveau de l'intestin. L'avantage d'un séjour plus long des particules dans le compartiment C1 sera donc une digestion plus complète, ce qui explique que les grands camélidés sont capables de digérer des fourrages pauvres sur le plan nutritionnel en de meilleures proportions que la vache.

De plus, le transit intestinal des nutriments entre la sortie du compartiment C3 et l'excrétion fécale est plus lent que chez les autres herbivores, ce qui accroît encore l'efficacité de la digestion des fourrages pauvres.

Cependant, deux autres caractéristiques de l'espèce contribuent aussi à l'efficacité digestive des grands camélidés avec des conséquences non négligeables sur l'alimentation : le pouvoir tampon du contenu stomachal et le recyclage de l'urée.

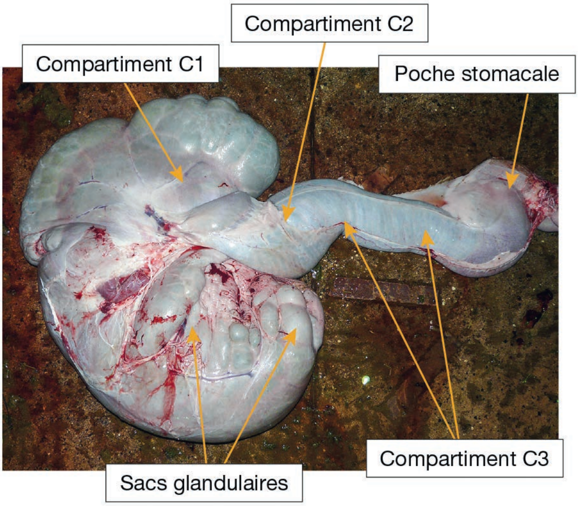


Figure 8.1. Anatomie des estomacs du dromadaire

Le pouvoir tampon est la capacité d'un milieu (ici le contenu stomacal) de se maintenir à un niveau stable d'acidité. Si le pouvoir tampon est faible, certaines rations alimentaires peuvent conduire à un excès d'acidité (acidose) ou d'alcalinité (alcalose). Or, ces phénomènes sont rares chez les grands camélidés (à l'exception des chameaux de course nourris avec des rations déséquilibrées très riches en aliments concentrés). Le pouvoir tampon est assuré par la salive que le chameau produit en grande quantité, et par les phosphates et les bicarbonates secrétés par les glandes situées dans les sacs glandulaires. L'avantage d'une acidité à peu près constante (au minimum le pH est de 6,5) est le maintien de l'activité des bactéries des estomacs. De plus, la séparation en deux phases des nutriments, permet une augmentation plus rapide du « turn-over » de la phase liquide et finalement, combiné au maintien de l'activité bactérienne, une élimination plus rapide des sucres fermentescibles et des produits de la fermentation qui peuvent provoquer, dans le cas contraire, des troubles digestifs.

Le cycle de l'urée est un phénomène classique chez les herbivores. En effet, les plantes contiennent des protéines, et de l'azote non-protéique. La digestion des protéines par les bactéries donne des acides aminés, puis de l'urée, puis de l'ammoniac. L'azote non-protéique va donner directement de l'ammoniac. C'est à partir de l'ammoniac que les bactéries vont synthétiser une partie des protéines digérées dans les intestins. Or, une partie de l'ammoniac passe dans le sang pour être aussi métabolisé en urée par le foie. Cette urée repasse dans le sang pour être éliminée par les reins *via* l'excrétion urinaire. Mais une part de l'urée retourne dans les estomacs et dans la salive pour devenir de l'ammoniac servant à synthétiser les protéines microbiennes. C'est ce qu'on appelle le cycle de l'urée. Or, le taux de recyclage chez le chameau est bien plus élevé que chez les autres espèces : il est de 94 % chez le chameau contre 75 % chez la chèvre du désert et 78 % chez le mouton du désert. Il monte même à 97 % chez le chameau déshydraté. La conséquence est avantageuse puisqu'un tel recyclage conduit à l'excrétion d'une urine relativement peu chargée en urée (ce qui explique peut-être son intérêt dans la pharmacopée traditionnelle), et à une efficacité digestive renforcée des fourrages pauvres en protéines. En revanche, cela explique les risques d'intoxication urémique en cas de ration trop riche en azote non-protéique.

La nutrition des grands camélidés

Comme presque tous les animaux, les grands camélidés ont besoin, pour assurer leur entretien et leurs productions, de sucres, de matières grasses, de protéines, de minéraux et de vitamines, sans parler de l'eau. Ils trouvent tous ces éléments dans les fourrages accessibles dans les écosystèmes désertiques ou steppiques en des proportions variables. Les recommandations en matière de nutriments nécessaires ont été relativement peu étudiées chez les grands camélidés et en général, pour le calcul des rations (voir chapitre 12 « Gestion de l'alimentation »), on utilise les références acquises sur les bovins tout en tenant compte des spécificités de la digestion dans cette espèce, évoquées plus haut. On se focalisera donc dans ce chapitre sur les aspects comportement alimentaire, quantités ingérées, stockage des réserves adipeuses et besoins en eau.

Comportement alimentaire

Dromadaires et Bactrianes sont des « brouteurs » plutôt que des « paisseurs », c'est-à-dire des animaux qui consomment une large variété de plantes dans leurs écosystèmes, depuis les herbes les plus rases jusqu'aux tiges et feuilles des arbres accessibles grâce à leur long cou (figure 8.2). Ils se rapprochent en cela du comportement de la chèvre et se distinguent nettement des bovins et des moutons. Un tel comportement est lié à des particularités physiologiques et anatomiques : bonne digestion de la cellulose grâce aux bactéries cellulolytique des estomacs, forte sécrétion d'acide chlorhydrique dans le compartiment C4, forte activité amylolytique permettant de mieux digérer les amidons, plus grande longueur de l'intestin et plus grande surface papillaire.

Au pâturage, les grands camélidés ont un comportement non grégaire et ambulatoire, ce qui signifie qu'un groupe d'animaux (un troupeau) ne se concentre jamais tous ensemble au même endroit, et qu'il se déplace sans arrêt pour brouter. Ces déplacements peuvent être importants (plus de 20 km par jour), ce qui évite

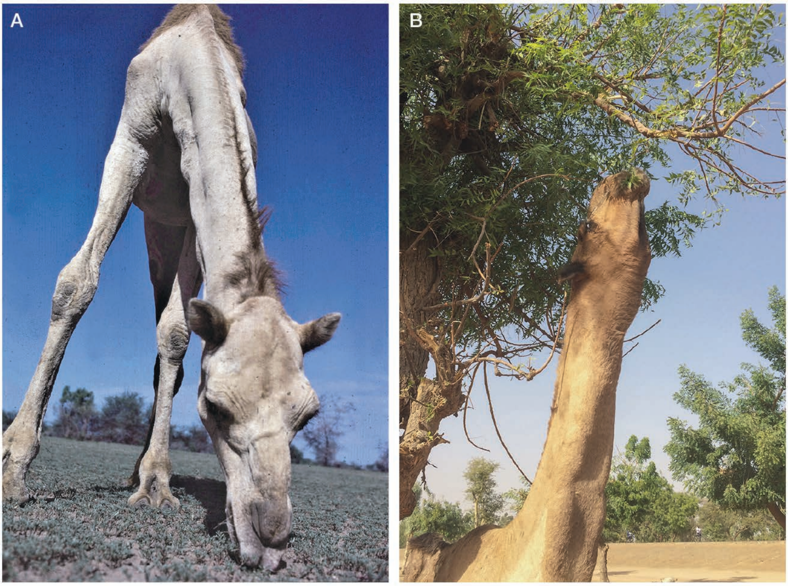


Figure 8.2. Comportement alimentaire du dromadaire au pâturage, qui consomme depuis les herbes les plus rases (A) jusqu'aux tiges et feuilles des arbres accessibles grâce à leur long cou (B)

les trop fortes pressions localisées sur la ressource. Comme animal brouteur, sa sélectivité des plantes consommées sera donc plus élevée. De nombreuses études, en Afrique notamment, ont bien montré à la fois, la diversité des espèces consommées et la variabilité des strates végétales concernées, évitant ainsi la surexploitation d'une strate donnée. On a estimé ainsi qu'un dromadaire consomme entre 15 et 22 plantes différentes dans un milieu donné contre seulement 12 à 15 pour le mouton. Globalement, sur les parcours, les animaux passent en moyenne 8 heures à prélever des ressources fourragères pour se nourrir. Un tel comportement peut avoir des conséquences dans les systèmes en stabulation où les aliments sont apportés dans les mangeoires et où les rations alimentaires sont beaucoup plus monotones et distribuées deux fois par jour seulement.

Quantités ingérées

La quantité consommée par les grands camélidés dépend de son poids, de son âge, de la qualité du fourrage, de la composition de la ration (présence ou non de concentrés), de leur teneur en eau et de son statut (animal en croissance, femelle allaitante ou gestante, mâle en rut ou en repos sexuel), qui détermine ses besoins. Les chiffres donnés dans les publications scientifiques sont donc très variables. En moyenne, les quantités ingérées chez l'adulte varient entre 2 et 3 kg de matières sèches (MS)/100 kg de poids vif, soit pour un adulte pesant 500 kg, entre 10 et 15 kg de MS. Les herbes de brousse atteignant près de 80 % de MS, cela correspond à environ 12 à 18 kg de foin. La capacité d'ingestion est donc globalement plus faible que chez la vache, de l'ordre de 18 à 22 kg de MS pour un animal de même poids (500 kg).

Stockage et déstockage des réserves adipeuses

Les grands camélidés sont les seules espèces capables de stocker l'essentiel de leurs réserves de gras en un seul endroit, à savoir la bosse (figure 8.3), qui concentre entre 50 et 80 % du gras de la carcasse (environ 30-35 % du gras total si on inclut le gras intramusculaire). Le gras est stocké dans des cellules spécialisées appelées adipocytes. Les matières grasses représentent plus de 90 % de la MS de la bosse. Le phénomène de stockage/déstockage du gras est indispensable pour la survie de l'animal. Ces réserves sont stockées lors de saisons favorables (saison des pluies) où l'herbe est plus abondante, ou bien lors de période du cycle physiologique moins gourmand en énergie (fin de lactation, début de gestation, période de repos sexuel chez le mâle).



Figure 8.3. Les réserves adipeuses du dromadaire et du Bactriane sont concentrées dans la (ou les) bosse(s) (A). La bosse est composée de 70 % de gras (B)

Encadré 8.1 : Mode d'abreuvement du dromadaire (Éthiopie, Soudan, Djibouti, Kenya, Arabie saoudite, Kazakhstan)

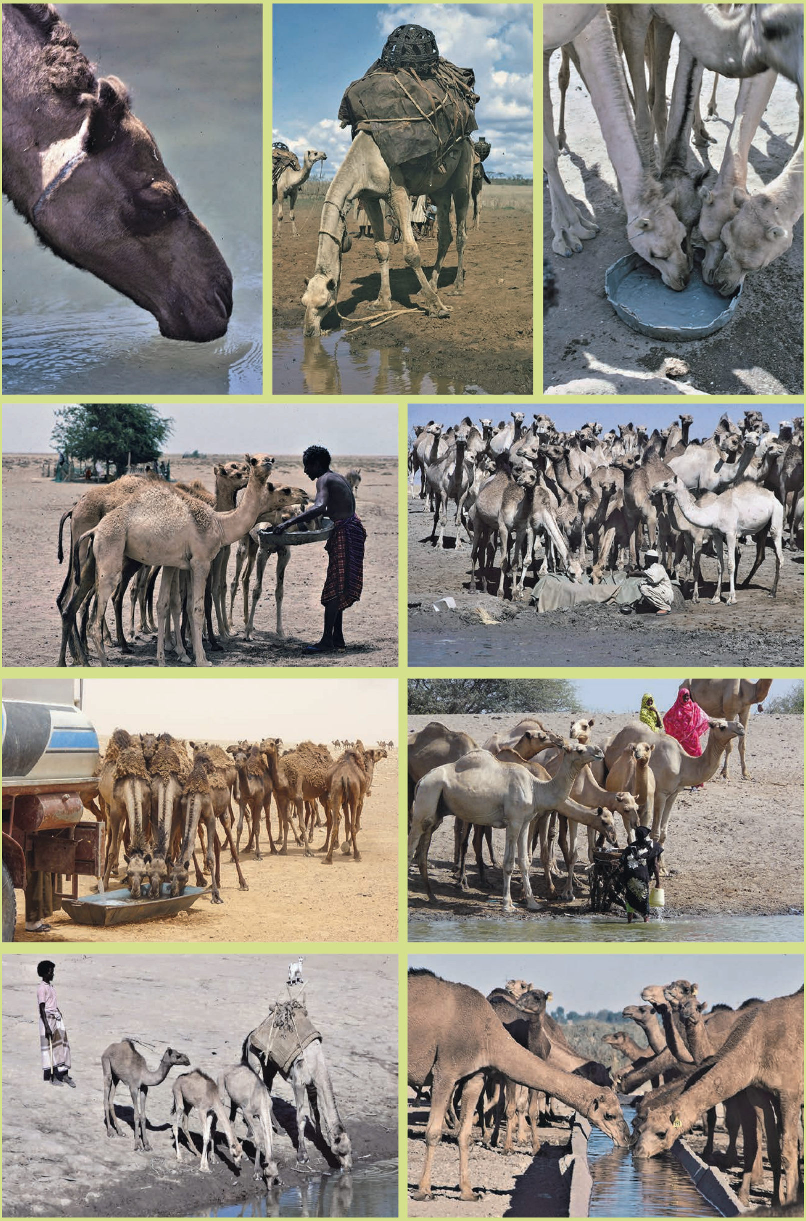


Figure 8.4. L'abreuvement est pratiqué soit en amenant les animaux vers des ressources naturelles (rivière, lac) ou aménagées (abreuvoirs, récipients à la sortie des puits), soit en amenant la ressource vers les troupeaux (camion-citerne)

À l'inverse, ces réserves, qui constituent de l'énergie pour l'animal, sont mobilisées lors de saisons défavorables, quand les ressources alimentaires sont de mauvaises qualités ou en cas d'augmentation des besoins énergétiques (début de lactation, fin de gestation, période de rut). La concentration de ces réserves

dans la bosse est un paramètre d'adaptation des grands camélidés à la chaleur. En effet, le gras étant concentré dans la bosse, le gras sous-cutané sur le reste du corps est donc peu abondant, ce qui facilite la dissipation de la chaleur en excès. Cependant, il existe deux autres sites de stockage interne, qu'on appelle le gras périrénal situé autour des reins (environ 10-15 % du gras) et le gras mésentérique (5-10 % du gras), qui recouvre le mésentère, c'est-à-dire la paroi interne de la cavité abdominale. L'avantage de la bosse est qu'elle donne une lecture aisée de l'état du stock adipeux chez un animal donné.

Besoins en eau

La résistance des grands camélidés à la soif est proverbiale. En effet, les besoins en eau du dromadaire notamment, qui ont été étudiés depuis longtemps, apparaissent plus faibles que dans les autres espèces domestiques vivant dans les régions désertiques. Un des paramètres utilisés pour évaluer ces besoins est le turn-over hydrique, c'est-à-dire la nécessité du renouvellement de l'eau de l'organisme. Chez le dromadaire, il est de d'environ 80 ml/kg de PV/24 h. À titre de comparaison, il est de 160 ml/kg/24 h chez le taurin, 120 chez le zébu, 100 chez le mouton du désert, et même 95 chez la chèvre du désert, pourtant résistante à la déshydratation. Les besoins en eau dépendent bien entendu des conditions climatiques. Ils sont classiquement plus élevés en saison chaude et avec des rations alimentaires plus riches en matières sèches. On estime les besoins autour de 20 à 30 l par jour (encadré 8.1).

Bien que la lactation soit associée à une augmentation des besoins, plusieurs études semblent indiquer que la restriction en eau a un effet limité sur la production laitière. Cependant, il convient de ne pas oublier qu'en dépit de sa capacité à résister à la déshydratation et à espacer les abreuvements, le chameau a besoin de boire comme tous les êtres vivants.

III. Gestion technique de l’élevage de chamelles laitières

Cette partie est consacrée à la gestion d'un élevage de chameaux avec un focus particulier sur la gestion d'une ferme de chamelles destinées à la production laitière. Sachant que cette gestion est délicate, il s'agit d'établir ici quelques règles de base pour une bonne gestion (i) de la reproduction; (ii) de l'élevage des jeunes; (iii) de la traite; (iv) de l'alimentation; et enfin (v) de la santé.

9. Gestion de la reproduction

Mise à la reproduction

La mise à la reproduction des chamelles peu après la puberté ou au cours des cycles ultérieurs de reproduction doit se faire dès le premier et le deuxième jour des chaleurs si elles sont visibles, car c'est le moment où les proportions de saillies fécondantes sont les plus élevées. En cas de chaleurs silencieuses, il est préférable de placer le mâle au sein du troupeau des femelles à féconder. Un reproducteur peut servir plusieurs fois dans la journée et on compte dans un troupeau un mâle reproducteur pour 25 à 30 femelles, mais on considère qu'il est capable de couvrir 40 à 50 femelles (voire 70) au total au cours d'une saison de rut à raison de 3 ou 4 femelles par jour. Toutefois, il est déconseillé de conserver le même mâle dans un troupeau plus de 5 ans pour éviter une trop grande consanguinité.

Une femelle mise trop jeune à la reproduction affaiblit son capital de fertilité. La gestation se développera au détriment de sa propre croissance, qui sera également en compétition avec la lactation. Le temps gagné pour la première naissance risque d'être perdu par l'intervalle de temps que demandera la jeune femelle pour reconstituer ses réserves avant la deuxième naissance. En fait, plus qu'un critère d'âge, qui peut varier entre 2 ans et demi et 5 ans, le facteur à prendre en considération pour décider de la mise ou non à la reproduction est celui du poids de la jeune femelle : il ne doit pas être inférieur à 65 % du poids adulte.

En milieu traditionnel, l'éleveur attend que le chamelon soit sevré avant de mettre à nouveau la femelle à la reproduction. Toutefois, la gestation provoquant un arrêt prématuré de la lactation (Nagy *et al.*, 2015), une mise à la reproduction trop précoce après la mise bas n'est pas conseillée dans les élevages à vocation laitière (voir chapitre 4 « Cycle de vie »). Dans de bonnes conditions d'entretien, les femelles peuvent être fécondées 4-5 mois après la mise bas si celle-ci survient en début de la saison de reproduction du mâle, permettant ainsi un intervalle entre mise bas de l'ordre de 16-18 mois et d'obtenir 2 chamelons sur 3 ans. Des essais en station ont même été réalisés pour obtenir des retours en chaleur précoces par induction hormonale, permettant des mises à la reproduction un mois après la mise bas et conduisant à des intervalles de 14 mois.

On décrit deux sortes de mises à la reproduction, (i) l'accouplement assisté et (ii) l'accouplement libre :
– l'accouplement assisté consiste à amener la femelle à saillir au mâle ayant des qualités génétiques recherchées afin de mieux gérer le choix des reproducteurs et mettre en place une sélection appropriée des paramètres de production ou de performance. L'avantage de ce système, outre les aspects concernant l'amélioration génétique, est la possibilité d'un contrôle préalable de l'intégrité génitale des reproducteurs (éventuellement avec contrôle de la maturité des follicules par ultrasonographie) permettant d'optimiser la réussite de la fécondation et de travailler dans des conditions optimales d'hygiène. L'accouplement a lieu

dans un endroit dédié où l'éleveur peut assister le mâle lors de l'intromission du pénis. Contrairement à une idée reçue, l'accouplement peut avoir lieu en présence de l'homme, mais il convient que ce soit dans le calme, notamment en évitant la présence d'autres mâles adultes ;
– l'accouplement libre est celui généralement pratiqué en milieu extensif. Le mâle reproducteur est laissé en permanence avec les femelles du troupeau pendant la saison de reproduction. Dans les systèmes de production plus intensifs, il est introduit dans l'enclos des femelles à saillir, soit toute la journée, soit uniquement la nuit. Ce système ne nécessite pas ou peu de main-d'œuvre, mais il conduit à une incertitude sur la date précise de l'accouplement. Au bout de quelques semaines, on peut écarter les femelles saillies qui montrent des signes de gestation (voir chapitre suivant).

Diagnostic de gestation

Il existe trois méthodes de diagnostic pour confirmer l'état de gestation de la femelle, de la plus simple, à la plus sophistiquée :
– le relevé de la queue : c'est la méthode traditionnelle pratiquée par tous les éleveurs. En effet, la femelle fécondée manifeste un comportement assez précoce après fécondation, environ deux semaines après le début de la gestation, qui se traduit par une attitude de raidissement avec la tête levée, et surtout le levé de la queue dès que le mâle s'approche (figure 9.1). Le levé de la queue n'est pas constant, mais il survient avec fiabilité dans 95 % des cas chez les chamelles calmes. En revanche, il y a de nombreuses fausses réactions positives chez les femelles agitées. Ce signe disparaît rapidement après avortement ou mortalité embryonnaire précoce. Chez le chameau de Bactriane, ce signe apparaît moins marqué ;



Figure 9.1. Signe du levé de la queue chez la femelle fécondée

– le dosage de la progestérone, l'hormone de la gestation. Son taux dans le sang, en cas de gestation avérée se maintient au-dessus de 2 ng/ml, alors qu'en cas de non-gestation après l'accouplement, il chute de 10 fois, soit autour de 0,2 ng/ml.

Cependant, comme l'augmentation survient dès l'ovulation et qu'elle se maintient environ 8 jours, même en cas de non-gestation, le dosage pour le diagnostic de fécondation réussie s'effectue en général au bout de 15 jours post-accouplement. Les techniques de dosage utilisées dans les laboratoires pour d'autres espèces sont parfaitement valides pour les grands camélidés. Il est possible aussi de doser la progestérone dans le lait. Il existe peu de références chez la chamelle, sans doute parce que la mise à la reproduction a souvent lieu après le tarissement, mais les taux varient autour de 5 ng/ml chez les femelles gestantes et au-delà contre moins de 1 ng/ml de lait chez les femelles non gestantes;

– l'ultrasonographie rectale : elle a remplacé utilement la palpation rectale manuelle, qui demande plus de pratique. Il existe aujourd'hui de nombreux appareils portables faciles d'utilisation (figure 9.2). Il peut être mis en œuvre avec une grande fiabilité dès le 18e jour de gestation.

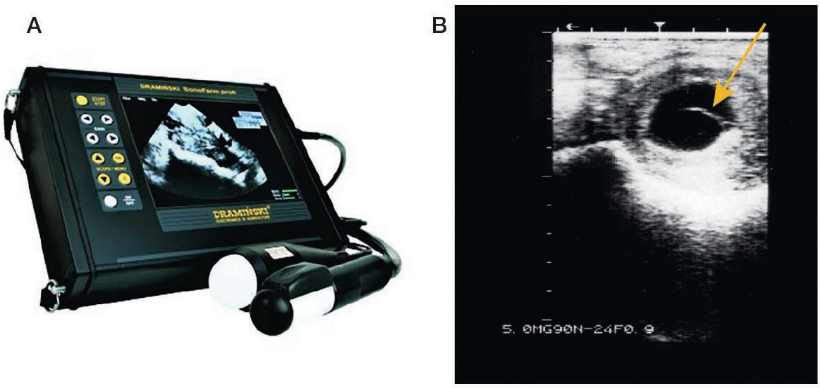


Figure 9.2. A. Ultrasonographe portable utilisé pour le diagnostic de gestation ou pour tout examen gynécologique des grands herbivores comme la chamelle (source : https://www.ultrasoundportables.com/by-application/veterinary/large-animal-ultrasound-imaging); B. Diagnostic de gestation par l'ultrasonographie au 30e jour de gestation chez une chamelle. La flèche indique la membrane allantoïque (source : Tibary et Anouassi, 1997)

En l'absence d'un appareil à ultrasons, il faut une certaine habitude pour porter un diagnostic par simple palpation transrectale. Si on ne possède pas de cage à contention appropriée (voir le chapitre 13, section « Techniques de contention »), l'animal doit être en position baraquée. Il accepte mal cette manipulation, ce qui nécessite parfois l'utilisation d'un tranquillisant (figure 9.3).



Figure 9.3. Palpation rectale. A. En cage de contention avec appareil d'ultrasonographie; B. Sur l'animal en position baraquée

Dans tous les cas, les signes perceptibles au cours de la gestation sont les suivants :
– 1er mois : présence d'un corps jaune sur l'un des ovaires ;
– 2e mois : utérus toujours dans le bassin ; corne utérine gauche uniformément élargie ; le corps jaune est indifféremment sur l'ovaire droit ou sur le gauche ;
– 3e mois : corne utérine gauche nettement plus grosse que corne droite ; ovaire en position abdominale ;
– 4e mois : col au bord du bassin ; utérus encore totalement palpable en bordure du bassin ;
– 5e mois : utérus en position abdominale ; fœtus parfois palpable ;
– 6e mois : paroi dorsale de l'utérus légèrement en dessous du plancher du bassin ; ovaire de la corne droite toujours palpable ;
– 7e mois : utérus sous le plancher du bassin mais encore palpable ; tête et pattes du fœtus identifiables ;
– 8e mois : tête, cou et pattes avant du fœtus palpables ;
– 9e mois : fœtus dont les mouvements deviennent détectables et qui peut être balancé vers le flanc droit ;
– 10e mois : mouvements évidents ; début du développement mammaire ; l'ovaire de la corne droite devient difficilement palpable ;
– 11e mois : début d'hypertrophie mammaire et de relâchement vulvaire ;
– 12e mois : perception abdominale de la gestation évidente ; la partie caudale de l'utérus occupe l'avant du bassin ; relâchement du ligament sacro-iliaque ;
– 13e mois : vulve tuméfiée ; mamelle développée ; balancement possible du fœtus vers les deux parois abdominales.

Assistance à la parturition

Dans la plupart des cas, la mise bas est aisée chez la chamelle et les cas de dystocie (difficultés de mise au monde) peu fréquents (moins de 5 % des naissances). Il est courant dans les systèmes extensifs de trouver le chamelon près de la mère sans qu'une intervention humaine n'ait été nécessaire. En général, on considère qu'il y a dystocie quand la phase préparatoire dure plus de 6 heures et la phase d'expulsion plus de 2 heures. La femelle présente dès lors des signes de détresse et ne cesse de changer de position, se tenant debout ou couchée alternativement. On décrit deux types de dystocie : celles d'origine fœtale et celles d'origine maternelle :
– dystocies d'origine fœtale : dans le premier cas, il convient d'examiner la position du fœtus, c'est-à-dire son orientation dans la matrice, s'il se présente par la tête et les membres antérieurs (position « normale »), ou avec les membres antérieurs repliés vers l'arrière, ou s'il se présente par l'arrière (par le « siège »), les membres postérieurs repliés ou non sous lui, ou le cou replié, etc. Les difficultés de mise bas peuvent aussi être associées à des anomalies monstrueuses, très rarement décrites, sauf dans les zones fortement polluées d'Asie Centrale sur des chameaux de Bactriane ;
– dystocies d'origine maternelle : les cas les plus fréquents sont dus à une torsion utérine qui en général ne peut se résoudre que par une césarienne. Les dystocies peuvent survenir aussi chez les primipares mises trop tôt à la reproduction et dont le développement du bassin est insuffisant pour laisser passer le fœtus, ou bien à l'inverse chez des vieilles femelles affectées par une atonie de l'utérus, mais ces cas sont plus rares.

Dans tous les cas, mieux vaut faire appel à un vétérinaire qui tentera de remettre le fœtus dans une position plus favorable (par pulsion ou rotation) lors

de dystocie d'origine fœtale (figure 9.4), ou de procéder à une césarienne lors de dystocie d'origine maternelle.



Figure 9.4. Assistance à la parturition chez une chamelle primipare (photo G. Konuspayeva)

La césarienne est pratiquée lorsque le rapport fœtus/bassin ne permet pas que le petit soit expulsé par la voie naturelle (chamelon trop gros ou canal pelvien trop étroit), en cas de torsion utérine, de malformation du chamelon, d'emphysème fœtal ou de mauvaise position du fœtus dans l'utérus impossible à réduire par manipulation externe. La césarienne se pratique sur une femelle en position baraquée, par incision sur le côté gauche après une injection d'un tranquillisant et anesthésie locale ou régionale. Différentes techniques sont décrites dans la littérature.

Soins au chamelon nouveau-né

La venue au monde pour toute espèce représente un profond changement qu'il convient d'évaluer pour limiter les mortalités dans le jeune âge, qui représentent la plus importante perte économique en élevage camelin. Dès la naissance, il faut apprécier les fonctions respiratoires du chamelon et sa vitalité, sa capacité à se tenir debout rapidement et très vite à téter sa mère. Les chances de survie d'un chamelon manquant de tonus et pesant moins de 25 kg (attestant de son immaturité) sont beaucoup plus faibles. La détresse respiratoire est aisément visible (respiration par la bouche ouverte, râles). Le réflexe de succion apparaît normalement dès la première demi-heure. L'épithélion est translucide en cas de mise bas normale, mais il devient jaunâtre en cas de dystocie prolongée. Dès les premières tentatives du chamelon de se dresser, il est possible d'observer d'éventuelles anomalies telles que des déformations des membres provoquant des postures anormales, qui en général se résolvent en quelques semaines. Leur cause est souvent associée à des problèmes de consanguinité.

Le principal facteur de mortalité est le froid. En effet, la saison de reproduction chez le mâle correspondant à l'hiver et la gestation durant environ 13 mois, les naissances surviennent en grande majorité pendant les mois les plus froids de l'année. Il convient donc de protéger au mieux le jeune animal, dans un endroit sec si la mise bas a lieu dans des écosystèmes non désertiques. Dans certains pays ou zones où les hivers sont particulièrement rigoureux, l'utilisation de couvertures adaptées à l'anatomie du chamelon est recommandée (figure 9.5).

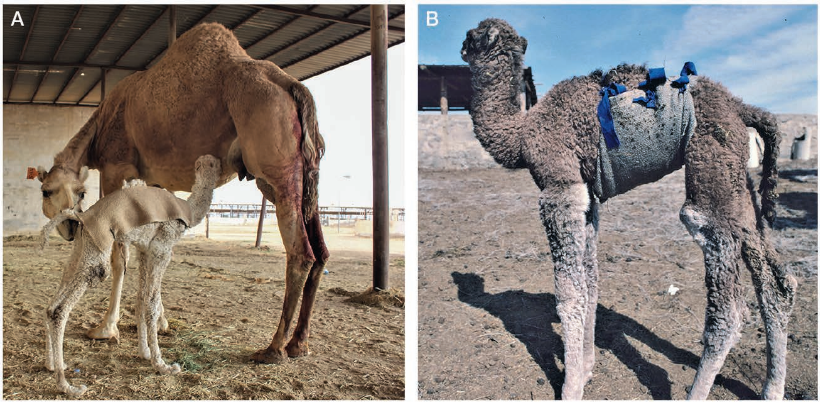


Figure 9.5. Couverture de protection du chamelon contre le froid en Arabie saoudite (A), et au Kazakhstan (B)

Trois types de précautions doivent être pris pour protéger le nouveau-né de potentielles infections ou carences minérales :

– vaccination et traitement : afin d'éviter les risques d'entérotoxémie, une vaccination de la mère contre *Clostridium perfringens* peut-être préconisée, de même qu'une vaccination antitétanique ou contre des maladies virales spécifiques (IBR-BVD par exemple). L'injection du vaccin en fin de gestation (dernier mois) permet de protéger le nouveau-né grâce au transfert des anticorps au fœtus. Dans certaines régions du monde (c'est le cas particulièrement des pays du Golfe), la carence en sélénium est l'une des causes majeures de la mortalité des jeunes au premier mois de leur vie. L'injection d'une solution de Séléphérol® par exemple, ou l'administration de bolus contenant du sélénium permet d'assurer un taux suffisant chez le jeune chamelon pendant les premières semaines de sa vie, contribuant à éviter le risque de dégénérescence cardiaque ;

– désinfection du cordon ombilical : dès la naissance, il est conseillé de couper et de désinfecter le cordon ombilical avec une solution iodée, car il peut être une importante porte d'entrée des agents pathogènes de l'environnement. Si la naissance a lieu dans un bâtiment clos, il est d'ailleurs recommandé qu'il soit propre, notamment indemne de déjections animales ;

– prise du colostrum : le colostrum est le premier lait qui permet un transfert passif de l'immunité *via* les immunoglobulines (IgG), celles-ci ne passant pas la barrière placentaire pendant la vie *in utero*. De plus, le taux d'IgG diminue rapidement après l'éjection du premier lait (figure 9.6). Il est donc recommandé que le chamelon puisse téter sa mère si possible dès la première heure post-naissance pour profiter d'une part des taux élevés d'IgG dans le colostrum et d'autre part du maximum des capacités d'absorption intestinale assurées les 24 premières heures. En moyenne, on considère que le chamelon peut téter environ 200 ml de colostrum toutes des deux heures pendant les 18 premières heures. Chez les chamelons trop faibles, on peut traire la chamelle et donner le colostrum au biberon.

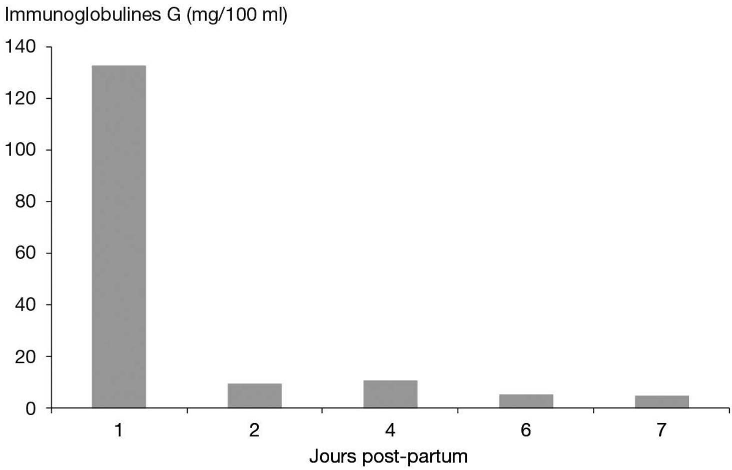


Figure 9.6. Concentration des immunoglobulines G (en mg/100 ml) dans le colostrum de chamelle les 7 premiers jours de la vie (source : Konuspayeva *et al.*, 2007)

Il est donc essentiel pour l'éleveur de surveiller les premières heures après la naissance, de contrôler que le colostrum est bien pris, que le nouveau-né a suffisamment de vitalité pour se tenir debout et accéder aux trayons maternels. Il est possible aussi de fournir du colostrum provenant d'une autre chamelle bonne productrice, qu'on aurait congelé en vue de le distribuer à des chamelons plus faibles ou provenant d'une chamelle qui refuse son petit (figure 9.7).



Figure 9.7. A. Traite d'une chamelle qui refuse son petit. B. Distribution du colostrum au chamelon rejeté par sa mère

Techniques d'adoption

Une des causes de la mortalité des jeunes est l'incapacité pour la mère d'allaiter son petit, soit par refus du chamelon, soit par manque de lait, soit pour toute autre raison (tétée douloureuse ou décès de la mère). Afin de sauvegarder le chamelon, les pasteurs ont développé des pratiques d'adoption plus ou moins efficaces visant à faire accepter le chamelon par sa propre mère ou par une autre chamelle en lactation ayant perdu son petit.

La technique la plus répandue consiste à présenter à la mère, un chamelon étranger enveloppé du placenta de son chamelon mort-né (figure 9.8).



Figure 9.8. A. Chamelon recouvert du placenta d'un autre chamelon mort-né en vue de son adoption. B. Acceptation du chamelon étranger par une chamelle ayant perdu son petit lors de la mise bas

Il existe d'autres techniques d'adoption s'appuyant sur la reconnaissance de l'odeur, notamment celle consistant à bander les yeux de la mère, et à placer la peau du chamelon mort-né sur le chamelon de substitution qu'on présente à la mère au moment de l'enlèvement du bandeau.

Il existe aussi des pratiques traditionnelles plus coercitives. Chez les Touaregs par exemple, on procède à un véritable psychodrame : on attache le chamelon de substitution à la femelle adoptive dont on a bandé préalablement les yeux, puis, les éleveurs aidés de chiens simulent une agression avec des cris, des aboiements, parfois des coups et des jets de projectiles ; le chamelon affolé tente de se réfugier auprès de la femelle qui, à son tour, par instinct de préservation, cherche à protéger le jeune qu'elle sent près d'elle. Après plusieurs dizaines de minutes d'une telle perturbation, on ôte le bandeau de la femelle tout en laissant le chamelon de substitution attaché à elle. À l'inverse, en Asie centrale, il existe une technique moins violente pour des cas d'auto-adoption (lorsque la mère refuse son petit) et qui consiste à provoquer une émotion chez la mère en jouant une musique douce au moment où on lui présente son petit.

Certains chameliers procèdent aussi à un simulacre d'accouchement. Cette technique particulièrement agressive, consiste à introduire dans l'anus de la femelle un sac rempli de crottins de dromadaire, puis coudre son anus pour empêcher l'excrétion fécale pendant 3-4 heures. On ajoute à cette technique, l'obstruction des naseaux en plaçant à l'intérieur de ceux-ci un sac plastique avant de poser un lien autour d'eux. Au bout de 3-4 heures, on découd l'anus, donnant ainsi à la mère l'illusion d'une mise bas. Simultanément, on défait les liens obstruant les naseaux de la femelle avant de lui présenter son petit ou un chamelon de substitution qu'elle sent comme si l'accouchement venait d'avoir lieu (figure 9.9). Ces techniques s'avèrent globalement efficaces.

Gestion des mâles reproducteurs

Les reproducteurs sont peu nombreux dans un troupeau. Pour autant, il convient de les gérer correctement afin qu'ils puissent assurer leur fonction. Plusieurs paramètres sont à prendre en considération pour une bonne gestion :

– l'âge des reproducteurs : l'idéal se situe entre 6 et 12 ans ; trop jeune, l'affaiblissement de la période de rut ne leur permet pas d'assurer leur fonction de reproduction ; trop âgé, leur pouvoir fécondant peut être limité et leurs préférences les amener à délaisser certaines femelles ;



Figure 9.9. Technique traditionnelle d'adoption simulant l'accouchement. A. Introduction de sacs remplis de crottins dans l'anus ; B. et C. Ligature de l'anus ; D. Introduction de plastique dans les naseaux ; E. Ligature des naseaux ; F. Libération de l'anus ; G. Présentation du petit après dégagement des naseaux ; H. Reconnaissance du chamelon par la mère

– la conformation : la sélection du mâle géniteur est le premier facteur d'amélioration génétique du troupeau. En l'absence d'index laitier, les éleveurs arrivent à différencier ceux qui transmettent leur conformation aux produits. Un des critères empiriques retenu pour les géniteurs dans les élevages laitiers est l'ampleur du fourreau du pénis qui serait corrélé au développement mammaire des descendants femelles ;
– l'origine génétique : un géniteur provenant de l'extérieur du troupeau est la garantie qu'une certaine variabilité génétique, bénéfique à l'amélioration. Un reproducteur mâle issu du même troupeau que les femelles à féconder, surtout s'il est conservé trop longtemps (plus de 5-6 ans) risque de féconder des femelles apparentées, entraînant une consanguinité pouvant être cause de stérilité ou de malformations. Il est donc conseillé de procéder à un remplacement régulier des géniteurs ;
– le nombre de reproducteurs : il doit être en accord avec la taille du troupeau. En général, on préconise un mâle pour 30-35 femelles. Dans les grands troupeaux, la cohabitation de plusieurs mâles peut poser des problèmes d'agressivité en période de rut, ce pourquoi, on isole les reproducteurs les uns des autres. Il est possible toutefois de conserver, à côté d'un adulte dominant, un jeune mâle : celui-ci esquive la confrontation directe, mais peut saillir les femelles délaissées par le premier ;
– le maintien de la libido : dans un contexte sédentaire et bien qu'isolé, le mâle développe une libido mieux exprimée s'il demeure en présence visuelle des femelles, notamment en période de rut. Il faut donc de préférence le placer dans un enclos qui lui permet d'être visuellement proche des femelles. En milieu extensif, le mâle est laissé avec le troupeau des chamelles à saillir, mais il convient de le laisser seul comme reproducteur dans son harem ;
– l'alimentation : elle est à soigner particulièrement pendant la saison de repos sexuel. Une bonne complémentation alimentaire permet au reproducteur de reconstituer ses réserves avant d'affronter la prochaine période de rut durant laquelle il est capable de perdre 20 à 30 % de son poids ;
– la castration des reproducteurs indésirables : la castration est réservée soit aux mâles agressifs, soit aux mâles destinés à d'autres activités que la reproduction (travail, monte), soit encore pour éviter dans un troupeau des agressions entre congénères ou pour éviter des saillies non désirées. En général, la castration est pratiquée vers 2-3 ans, bien que des castrations plus précoces (avant 6 mois) ou plus tardives (jusqu'à 5-6 ans) soient possibles. Il existe plusieurs techniques de castration, mais la plus courante comprend les étapes classiques (figure 9.10) : (i) anesthésie locale après sédation ; (ii) contention de l'animal ; (iii) désinfection des bourses ; (iv) incision sur le raphé médian de 6 à 8 cm ; (v) extériorisation du testicule, couvert ou non ; (vi) ligature transfixante avec un fil résorbable ; (vii) répéter avec le second testicule ; (viii) éventuellement suture cutanée du scrotum avec un fil résorbable ; (ix) désinfection de la plaie et application sur le pourtour de la plaie d'un répulsif insecticide type Tigal, à répéter tous les jours pendant la semaine suivant l'opération.

Les biotechnologies de la reproduction

Prélèvement et congélation de sperme, insémination artificielle et transfert d'embryons sont possibles chez les grands camélidés et sont pratiqués en plusieurs endroits dans le monde. L'intérêt d'un recours à ces techniques est multiple : hygiène de la reproduction, prévention des maladies sexuellement transmissibles, regroupement des mises à la reproduction et des naissances, et surtout amélioration génétique. Toutefois, aucune de ces biotechnologies de

la reproduction n'a pu être développée à une large échelle, à la fois pour des raisons de contraintes techniques et de limites organisationnelles.

L'insémination artificielle (IA)

L'IA nécessite au préalable de collecter la semence du mâle. Pour une telle collecte, la méthode d'électroéjaculation, jugée trop coercitive pour le mâle et incompatible avec le bien-être animal a été progressivement abandonnée au profit de l'utilisation du vagin artificiel dont il existe plusieurs modèles. Pour la collecte elle-même, deux méthodes sont préconisées : (i) placement du vagin artificiel lorsque le mâle commence à chevaucher la femelle en chaleur qui lui est présentée ; (ii) utilisation d'un mannequin. La première méthode exige la présence d'un technicien expérimenté car la durée de la copulation et la position de l'accouplement rendent la posture du technicien portant le vagin artificiel inconfortable et potentiellement dangereuse (figure 9.11).



Figure 9.10. Castration d'un dromadaire.
A. Contention et désinfection de la zone ;
B. Incision sur le raphé médian du testicule ;
C. Extraction du testicule et ablation ;
D. Clampage du cordon testiculaire ;
E. Suture cutanée du scrotum



Figure 9.11. Technique de la collecte de la semence avec vagin artificiel lors de saillie naturelle

La technique du mannequin a été développée en Égypte, où il est possible de se le procurer. Cependant, cette technique exige un bon entraînement du mâle pour accepter le mannequin et une installation adéquate car le mannequin est placé sur une plateforme sous laquelle se trouve l'opérateur chargé de la collecte avec un vagin artificiel (figure 9.12).

Cependant, la principale contrainte au développement de l'IA chez les grands camélidés est celui de sa consistance. En effet, la semence du mâle est très visqueuse et donc difficile à gérer. De plus, les spermatozoïdes des grands camélidés supportent mal la congélation et il est donc difficile d'utiliser des paillettes congelées comme cela se pratique pour d'autres espèces. De nombreux travaux de recherche sont en cours sur la dilution de la semence pour diminuer sa viscosité, ou la rendre congelable tout en maintenant la motilité et la survie des spermatozoïdes. Dans la plupart des cas, l'insémination se fait donc avec de la semence fraîche. Ces contraintes expliquent la relative faible performance de l'IA pour réussir une gestation (de l'ordre de 30-35 % chez la femelle dromadaire, un peu plus chez la femelle Bactriane). En conséquence, la technique n'est pratiquement pas sortie des stations de recherche et de quelques grandes fermes des pays du Golfe.



Figure 9.12. Technique du mannequin pour collecter la semence de mâle dromadaire en Égypte. L'opérateur se situe en dessous du mannequin dans une salle appropriée

Le transfert d'embryon (TE)

La technique du TE apparaît plus opérationnelle que l'IA, bien qu'elle soit confrontée aux mêmes contraintes que la collecte de la semence. Le coût et la technicité des méthodes de TE en réservent l'usage aux grandes fermes laitières et aux écuries de course des pays du Golfe, ainsi qu'aux stations de recherche à travers le monde. Bien que les protocoles des différentes étapes (traitement hormonal de superovulation chez les femelles donneuses, monte naturelle, collecte des embryons, synchronisation hormonale chez les femelles receveuses, transfert des embryons, contrôle de la gestation) soient désormais assez bien codifiés, cela demeure une technique qui n'est pas à la portée de tous (figure 9.13).

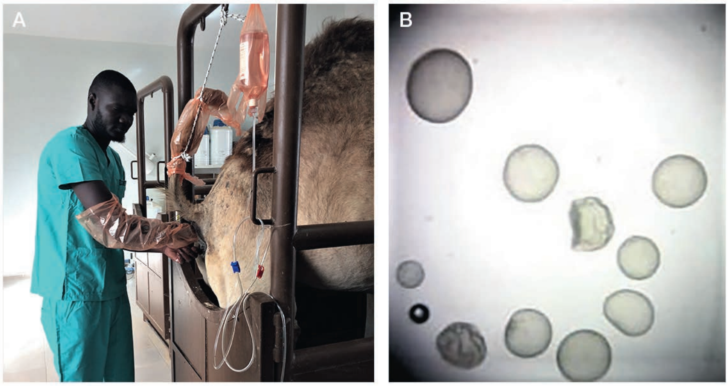


Figure 9.13. Collecte des embryons chez une chamelle donneuse après traitement superovulatoire (A), et embryons collectés au stade blastocyste (B)

Toutefois, le taux de réussite en termes de fécondation est supérieur à celui de l'IA et permet un progrès génétique encore plus rapide, une seule donneuse pouvant fournir en moyenne 7 embryons. De plus, la congélation des embryons étant plus aisée que celle de la semence, la commercialisation des embryons congelés s'avère plus facilement opérationnelle que celle de paillettes de semence. Actuellement, seuls les Émirats arabes unis commercialisent des embryons congelés de dromadaire ayant un potentiel génétique améliorateur pour la production de lait ou la course.

10. Gestion de la traite

Présence du chamelon

Selon les éleveurs, la présence du chamelon est absolument nécessaire pour assurer la descente du lait. De ce point de vue, plusieurs pratiques sont en usage. L'éleveur laisse le petit téter deux des trayons situés d'un même côté tandis qu'est amorcée la traite sur les deux autres trayons ; ou bien, le chamelon amorce la production de lait par la mère, puis l'éleveur l'attache à l'un des membres de la chamelle (ce qui évite au petit de perturber la traite), prélève la quantité de lait désirée et laisse ensuite le jeune téter le lait résiduel (figure 10.1). L'activité de succion de la part du chamelon est en effet essentielle pour assurer une production plus abondante. En milieu traditionnel, on a montré par exemple que la quantité quotidienne de lait produit était de 65 % supérieure chez la chamelle ayant un petit survivant jusqu'au sevrage comparée à la quantité produite par une femelle ayant perdu son chamelon avant le sevrage. À l'échelle de la lactation entière, la production peut être 2,9 fois plus importante en cas de survie du chamelon.

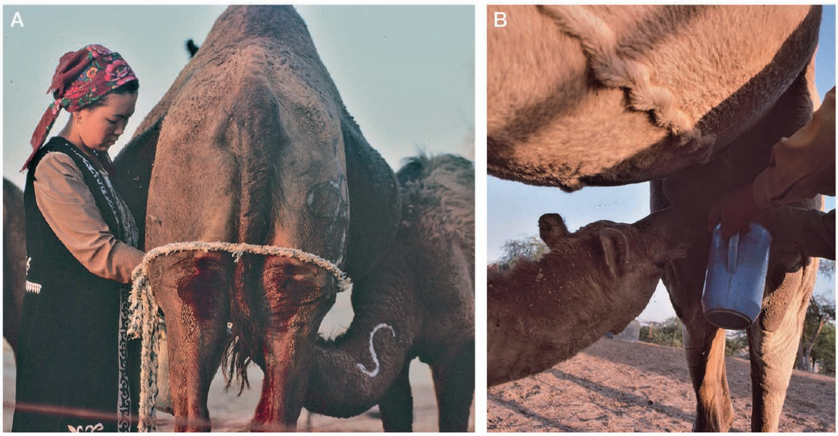


Figure 10.1. A. Traite traditionnelle en présence du chamelon au Turkménistan. B. Partage du lait entre l'homme et le chamelon pendant la traite traditionnelle en Inde

Par son activité de succion, le chamelon provoque en effet le réflexe neurohormonal conduisant à la sécrétion d'ocytocine. Cependant, la mise en place de systèmes plus intensifs montre que la tétée préalable du petit n'est pas nécessairement indispensable (figure 10.2).

L'écart du chamelon après le sevrage (voir chapitre 11, section « Le sevrage ») nécessite de suppléer à son rôle dans la stimulation ocytocinique. Deux techniques sont possibles : (i) laisser le chamelon en présence de la femelle pendant la traite sans qu'il puisse accéder aux trayons maternels, par exemple en mettant en place une grille (figure 10.3) entre le couloir de traite et l'enclos des chamelons ; (ii) habituer les femelles en traite à l'absence du chamelon en procédant à des stimulations manuelles (massage du trayon). Des essais ont montré que la production optimale était obtenue après un massage de 2 minutes, soit un délai beaucoup plus long que pour la vache.



Figure 10.2. Traite des chamelles laitières sans la présence des chamelons à la ferme Camelicious à Dubaï



Figure 10.3. Mise en place d'une grille de séparation entre le couloir de traite et les chamelons sevrés

Dans certains pays, on pratique l'injection de 1-2 ml d'ocytocine en intramusculaire (IM) juste avant la traite pour remplacer le chamelon et assurer la descente du lait. Cependant, cette pratique est à déconseiller dès lors qu'elle est répétée régulièrement. De plus, la consommation de lait contenant des traces d'ocytocine de synthèse peut avoir des impacts néfastes chez l'homme. L'utilisation de l'ocytocine n'est à préconiser qu'en cas de perte du chamelon pour stimuler la traite après le mort du petit ou lorsque la femelle refuse de donner son lait lors des premières traites.

Rythme de traite

En milieu traditionnel, la chamelle est traite deux fois par jour, le matin avant le départ pour les pâturages, et le soir, au retour au campement, mais en cas de besoin, le berger peut tirer le lait toutes les 2-3 heures. L'augmentation de la fréquence de traite influe sur la production. Une fréquence de traite passant de 2 à 4 fois par jour augmenterait la production de 12 %. Mais il arrive aussi que la traite soit très irrégulière, les chamelles passant parfois 24 heures ou plus sans que le berger ne retire le lait. Une telle irrégularité de la fréquence de traite peut avoir des conséquences néfastes tant sur la production que sur les risques d'infections mammaires.

En milieu intensif, la multiplication des traites pose de toute façon un problème de main-d'œuvre et l'augmentation de la production espérée ne compense pas le coût supplémentaire en personnel, sans compter qu'il peut épuiser la femelle en lactation. L'intervalle entre les traites est également un point important. La quantité de lait diminue quand les intervalles de traite dépassent 12 heures et l'optimum de production serait atteint au bout de 8 heures entre deux traites. Il est donc conseillé de procéder à deux traites par jour avec un intervalle optimum qui se situe entre 8 et 12 h maximum dans la journée, par exemple à 7 h le matin et 16 h l'après-midi.

Types de traite

On distingue, comme pour les autres espèces laitières, la traite manuelle de la traite mécanique :
– la traite manuelle : la plus répandue dans les milieux traditionnels, mais aussi dans des systèmes semi-intensifs, notamment dans les élevages périurbains. La traite manuelle demande *a priori* plus de main-d'œuvre. Le trayeur (homme et/ou femme selon les cultures) se tient debout sur le côté de l'animal, le chamelon étant situé au côté opposé (voir plus haut, section « Présence du chamelon »). La traite peut se faire d'une seule main afin de tenir le récipient de traite de l'autre main, ou bien, si le récipient est tenu par un deuxième opérateur, ou attaché au cou du trayeur (figure 10.4A), la traite est réalisée avec les deux mains et se fait alors plus rapidement. Lorsqu'il s'agit de fortes productrices, deux trayeurs placés de chaque côté de l'animal peuvent être amenés à traire simultanément figure 10.4B). Dans tous les cas, l'expérience des trayeurs est un facteur important pour assurer la traite dans les meilleures conditions possible (habilité, vitesse de traite, bonne vidange de la mamelle). Les récipients de traite sont très variables dans les élevages traditionnels, et certains matériaux (calebasses, paniers tressés, récipients en plastique de récupération) sont peu compatibles avec l'hygiène recommandée. Les récipients métalliques, plus facilement nettoyables, sont toutefois de plus en plus fréquemment utilisés ;



Figure 10.4. Traite manuelle. A. Traite traditionnelle au Turkménistan avec un seau rattaché au cou ; B. Traite manuelle au Kazakhstan d'une chamelle bonne productrice par deux trayeuses simultanément

– la traite mécanique : l'utilisation de la machine à traire chez la chamelle date des années 1960 en Union soviétique, mais son développement dans les autres régions du monde est assez récent. Plusieurs types d'équipement ont été testés, à savoir le pot trayeur individuel indépendant, le pot trayeur individuel relié à un système central de vide et de pulsation, et un système de collecte centralisée (figure 10.5).



Figure 10.5. Types de système mécanique de traite. A. Pot trayeur individuel ; B. Pot trayeur individuel avec système centralisé pour le vide et la pulsation ; C. Système de collecte centralisé (photos B. Faye et A. Musaad)

Quels que soit le système et l'équipement de traite, les éléments les plus importants à prendre en compte sont les paramètres de vide et de pulsation. Plusieurs études montrent qu'un vide d'environ 50 KPa et 60 pulsations/min. apparaissent optimum pour permettre l'éjection du lait, soit des valeurs sensiblement plus élevées que chez la vache. Cependant, il y a peu de données sur les effets à long terme d'un vide aussi important. Dans les élevages où les chamelles sont sélectionnées pour donner aisément leur lait, un vide de 45 KPa pourrait être suffisant. Un autre point est lié à la forme des trayons (voir chapitre 7, section « Morphologie mammaire »). Chez les écotypes avec un faible développement mammaire et des trayons de petite taille, des manchons trayeurs coniques pour chèvre peuvent s'avérer mieux adaptés. En tout état de cause, il convient de s'assurer que les manchons s'adaptent bien à la forme du trayon pour éviter des lésions à long terme sur la mamelle (figure 10.6).



Figure 10.6. Mauvaise adaptation des manchons trayeurs à la forme des trayons chez une chamelle laitière

Éjection du lait et qualité de la traite

L'utilisation d'un système d'enregistrement des flux de lait (voir chapitre 7, section « Flux de lait ») autorise l'accès à de nombreux paramètres permettant d'interpréter les difficultés de traite et le comportement des chamelles lors de l'éjection du lait, et donc de la qualité de la traite. Ces paramètres varient d'un type d'équipement à l'autre, mais globalement, on peut avoir accès aux informations suivantes : la conductivité électrique (qui permet de détecter des infections mammaires) ; la durée totale de la traite entre la mise en place des manchons de la machine à traire et leur dépose (en minutes) ; la quantité totale de lait produit pendant la traite ; la durée de l'éjection du lait (un peu plus courte que la durée de la traite proprement dite) ; la durée des différentes phases (ascendante, plateau, descendante), le débit moyen calculé pendant la durée de la traite (en kg/min.) ; le débit maximal (en kg/min.) ; la présence ou non d'un flux bimodal ; la durée de la surtraite (période entre la fin de l'éjection du lait et la dépose de la griffe de la machine à traire) ; la durée de l'égouttage (lait obtenu en augmentant la pression manuelle sur la griffe en fin de traite) ; le débit moyen du lait d'égouttage et la quantité de lait produit pendant l'égouttage.

Au préalable, dans tous les cas, l'interprétation des courbes de flux de lait ne peut se faire que si la traite de la chamelle se déroule dans les conditions optimales de bien-être. Il faut donc éviter le stress (trop de bruits, gestes brusques

du trayeur, nombre de personnes non habituellement présentes, manipulations intempestives des animaux) avant et pendant la traite. La distribution de concentrés pendant la traite peut être un facteur favorable, mais n'est pas obligatoire.

En général, une courbe caractérisée par une montée rapide du débit de lait jusqu'à la phase plateau et une phase descendante progressive sont la caractéristique d'une préparation optimale comme indiqué dans la figure 7.3. La présence d'une rupture dans la phase ascendante ou la phase plateau peut signifier une griffe de la machine à traire mal positionnée. Une courbe bimodale traduit une faible disponibilité à la traite (insuffisance de stimulation) avec un écart entre lait citernal et lait alvéolaire. Une courbe caractérisée par une phase plateau en forme de dôme incite à considérer que la préparation à la traite n'était pas suffisante. Un faible débit moyen est le fait de chamelles « difficiles à traire ». Une longue décroissance est souvent associée à une surtraite des quartiers individuels, exprimée par des paliers plus ou moins importants de la courbe. Des trayons trop petits peuvent entraîner des entrées d'air pouvant conduite à la chute du manchon, voire de la griffe entière, qui se traduit par des ruptures brutales dans la courbe d'éjection du lait. La chute de la griffe peut être aussi le fait de chamelles nerveuses, piétinant dans le couloir de traite, peut être en relation avec une douleur dans la mamelle. Dans une étude réalisée en Tunisie sur un grand nombre de courbes d'éjection de lait, 3 grands types de courbes ont été observés (figure 10.7).

L'analyse des flux de lait avec un appareil enregistreur peut donc permettre d'identifier les chamelles faciles à traire et, à partir de ce constat, d'établir un plan de sélection. En tout état de cause, une traite réalisée dans de bonnes conditions (chamelles bien entraînées, trayeurs non stressants, bonnes conditions d'hygiène) garantit une meilleure productivité.

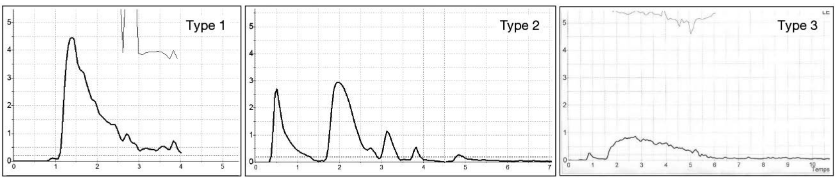


Figure 10.7. Types de courbes d'éjection du lait. Type 1 : chamelle avec sphincter du trayon de faible résistance permettant une descente rapide du lait ; type 2 : chamelle avec sphincter résistant ou avec insuffisante préparation ou inadaptation du manchon trayeur ; type 3 : chamelle stressée, mal adaptée à la traite mécanique (source : Atigui *et al.*, 2014). En ordonnée : flux de lait (kg/min) ; en abscisse : temps de traite (min)

Entraînement des chamelles à la traite mécanique

Pour accéder à une bonne qualité de la traite mécanique, une première étape consiste à habituer les chamelles à l'utilisation de la machine à traire. Il existe différentes configurations de salles de traite, avec ou sans couloir de traite (notamment cas de pots trayeurs individuels), couloir linéaire ou en épi. Il faut donc dans un premier temps familiariser les chamelles avec l'environnement de traite, avant même qu'elles ne soient disponibles pour la traite, soit pendant les premières semaines au cours desquelles tout leur lait est encore destiné en totalité à leur chamelon. La première difficulté réside en effet à les inciter à entrer dans le couloir de traite (la même difficulté apparaît pour la faire entrer

dans une cage à contention). Les manières coercitives avec usage de bâton sont à proscrire pour éviter trop de stress et surtout pour éviter que l'animal associe la traite à une douleur. On peut utiliser le chamelon pour l'inciter à entrer dans le couloir et la placer dans le troupeau de chamelles déjà entraînées (figure 10.8). Répéter l'opération plusieurs jours de suite si la première fois la chamelle refuse de rentrer dans le couloir. Dès qu'elle accepte, proposer si possible une « récompense » (un peu de concentrés ou une friandise) et la rassurer.



Figure 10.8. Dressage des chamelles pour l'entrée dans le couloir de traite

Si la pose des manchons trayeurs pose un problème (la chamelle peut frapper la griffe avec ses membres postérieurs, peut mordre le trayeur), il est plus prudent d'entraver les membres postérieurs et qu'un assistant l'empêche de mordre (figure 10.9). Cette entrave est enlevée dès que la chamelle est habituée à la présence de la machine à traire.



Figure 10.9. Entrave d'une chamelle dans le couloir de traite avant la pose des manchons trayeurs

La durée de l'entraînement est variable d'une chamelle à l'autre et dépend de son tempérament, mais il faut compter environ 8 à 10 jours pour que les bons réflexes s'installent et que la pose des griffes soit acceptée. Après ce laps de temps, le seul bruit de la machine à traire suffit pour que les chamelles s'avancent vers le lieu de traite. Il importe que les séances de traite soient régulières, à heure fixe, et de respecter l'ordre dans lequel les chamelles pénètrent dans le couloir (c'est souvent la même chamelle qui entre en premier). Les changements dans les habitudes acquises sont souvent mal acceptés. Par exemple, s'il y a deux couloirs de traite de chaque côté de la fosse, il est inutile de chercher à changer les chamelles de couloir. Plus les conditions d'acceptation des gestes et des pratiques sont acquises, plus il sera facile d'appliquer les règles d'hygiène.

Hygiène de la traite

En milieu traditionnel, les règles d'hygiène sont souvent réduites au strict minimum : lavage des mains du trayeur, nettoyage de la mamelle avec de l'eau. Dans les élevages intensifs et surtout avec l'usage de la machine à traire, il convient d'imposer des règles plus strictes. Le lait est en effet un liquide biologique hautement périssable, susceptible de se contaminer par des bactéries pathogènes et autres produits physicochimiques. Les infections mammaires et les contaminations du lait peuvent être en grande partie évitées par des bonnes pratiques de traite. Ces bonnes pratiques répondent à la règle des 5 « M », à savoir hygiène du *milieu*, hygiène du *matériel*, hygiène de la *main-d'œuvre*, hygiène des *méthodes de traite* et hygiène de la *matière première* :

– hygiène du milieu : la traite doit se dérouler dans un endroit propre avant l'arrivée des animaux et nettoyé aussitôt la fin de la traite. Cela consiste notamment à éliminer les fèces accumulées sur l'aire de traite entre deux traites, ne pas répandre le lait de mammites sur le sol si le cas se présente et éviter la proximité d'autres animaux au moment de la traite (chiens, petits ruminants, oiseaux);

– hygiène du matériel : les récipients de traite doivent être propres, nettoyés avec de l'eau savonnée entre les traites et mis à sécher. S'il s'agit de machine à traire dont la caractéristique est de posséder un grand nombre de tuyaux, le nettoyage s'appuie selon un protocole rigoureux incluant un lavage acide et un lavage basique suivi d'un rinçage (figure 10.10A). Le lait doit être stocké dans des récipients propres et désinfectés entre chaque utilisation, si possible



Figure 10.10. Hygiène du matériel. A. Nettoyage du matériel de traite après le passage des animaux; B. Utilisation de récipients en inox et de filtres propres lors du versement de lait dans les récipients de stockage ou de transport

dans des éléments en inox, plus facilement nettoyables. Il convient d'éviter les récipients de stockage et de transport à petite ouverture, car plus difficile à nettoyer. Avant versement du lait dans des bidons (s'il n'y a pas de système centralisé de collecte), il convient d'utiliser un filtre et de veiller à ce qu'il soit propre (figure 10.10B). Si la traite a lieu en présence du chamelon, les cordes d'attache doivent aussi être nettoyées régulièrement ;

– hygiène de la main-d'œuvre : le trayeur doit se laver les mains avec de l'eau savonnée avant la traite ou porter des gants. Il doit porter des vêtements propres, éventuellement avoir un vêtement spécifique pour la traite. Dans les salles de traite, il est même conseillé de porter masque, charlotte et tablier lavable. Il est surtout déconseillé de traire si on est malade ou si on a des plaies sur les mains ;

– hygiène des méthodes : avant l'éjection du lait, le trayeur doit nettoyer les trayons avec de l'eau propre ou, mieux, avec de l'eau savonnée, pour éliminer les bactéries présentes sur la peau, et utiliser une lavette individuelle propre pour laver et sécher les trayons. Les lavettes peuvent être jetables ou lavables (figure 10.11). Dans ce dernier cas, les lavettes utilisées sont placées dans une boîte réservée à cet usage et, pour chaque nouvelle chamelle en traite, une lavette propre est prélevée dans une seconde boîte également réservée à ce matériel. Les lavettes utilisées sont lavées entre chaque traite. Si le sol n'est pas propre, il est préférable de ne pas poser le matériel directement sur le sol, mais en hauteur. Enfin, il est utile d'éviter que les chamelles ne baraquent immédiatement après la traite pour laisser au sphincter le temps de se refermer correctement ;



Figure 10.11. Nettoyage de la mamelle avec une lavette individuelle lavable

– hygiène de la matière première : lorsque la traite est manuelle, il est conseillé d'éliminer les premiers jets, plus souvent potentiellement contaminés, d'éviter de tremper le doigt dans le lait pour lubrifier les trayons et de couvrir les récipients contenant du lait s'il n'est pas dans des récipients fermés. Le lait doit être maintenu à une température la plus modérée possible pendant la durée du stockage et du transport (mettre les bidons à l'ombre ou dans un trou humidifié) ou rapidement dans un tank réfrigéré. Le délai d'attente entre la collecte et le stockage au froid (4 °C) doit être le plus court possible, de même que le délai de transport si la chaîne du froid est difficile à maintenir. Enfin, il est indispensable

d'éliminer le lait des chamelles atteintes de mammites cliniques et de traiter les mammites, ainsi que de respecter les délais d'attente des antibiotiques en cas de traitement. Régulièrement, il est aussi conseillé de réaliser une détection des mammites subcliniques avec par exemple un California Mastitis Test (CMT, encadré 10.1).

Encadré 10.1 : Test au Teepol ou CMT (California Mastitis Test)

Le « California Mastitis Test » ou CMT est un test rapide et efficace qui mesure indirectement le taux de globules blancs (leucocytes), témoins de la présence de bactéries pathogènes dans le lait, les leucocytes étant les moyens de défense de la mamelle. Le réactif CMT, en présence de leucocytes, provoque une réaction d'agglutination, d'autant plus marquée que le taux de leucocytes est élevé. Ce test est régulièrement utilisé chez la chamelle laitière dans les grandes fermes laitières (figure 10.12). Le matériel de test comprend : (i) un plateau spécial ou un verre ; (ii) un flacon de réactif.



Figure 10.12. Plateau pour CMT comprenant 4 godets correspondant à chacun des quartiers de la mamelle. La présence de grumeaux violacés témoigne d'une atteinte du quartier. La lecture se fait selon la grille rapportée dans le tableau 10.1

Le mode opératoire est simple. Il consiste à : (i) éliminer les premiers jets de lait de chaque trayon ; (ii) recueillir dans le plateau ou dans le verre quelques jets de lait et y ajouter environ la même quantité de réactif ; (iii) donner un mouvement circulaire au plateau ou au verre pour bien mélanger réactif et lait ; puis (iv) lire la réaction, c'est-à-dire la présence ou pas de grumeaux témoignant de la réaction d'agglutination (tableau 10.1) ; (v) évaluer le pH grâce à un indicateur coloré (pourpre de bromocrésol), qui devient violet lorsque le pH est proche de 7, témoignant de la présence d'une mammite. Après usage, le plateau est rincé à l'eau claire, sans lessive pour éviter toute fausse réaction positive ultérieure.

Tableau 10.1. Guide d'interprétation d'une réaction au CMT chez la chamelle laitière

Lecture	Interprétation		
Aspect	**Notation**	**Lait individuel**	**Lait de mélange**
Aucune réaction. Consistance liquide couleur grise	0	Lait normal	Entre 0 et 20 % de chamelles positives dans le troupeau
Léger gel en flocons disparaissant après 10 secondes (couleur gris violacé)	1	Mammite latente. Mammite subclinique Traite irritante	Environ 30 % de chamelles positives
Léger gel persistant sous forme de filaments grumeleux (couleur gris violet)	2	Mammite subclinique Traite irritante	Environ 40 % de chamelles positives
Gel épais adhérant en amas visqueux au fond de la coupelle lorsque l'on imprime le mouvement de rotation au plateau	3	Mammite bien établie	Environ 60 % de chamelles positives
Gel de la consistance du blanc d'œuf (couleur violet foncé)	4	Mammite bien établie	Environ 80 % de chamelles positives

Cet ensemble de règles constitue les « bonnes pratiques de traite », qui permettent d'assurer la production d'un lait de bonne qualité hygiénique. L'impact des pratiques de traite sur l'importance quantitative des contaminations bactériennes a été amplement vérifié (figure 10.13).



Figure 10.13. Trois niveaux d'hygiène dans les pratiques de traite. A. Niveau faible ; B. Niveau moyen ; C. Niveau élevé

Dans les exemples de la figure 10.13, les contaminations bactériennes évaluées à partir du comptage des coliformes et de la flore mésophile aérobie totale (FMAT) ont été les suivantes :

– niveau d'hygiène faible : 4 millions de coliformes/ml et 500 000 FMAT/ml de lait ;
– niveau d'hygiène moyen : 1 million de coliformes/ml et 350 000 FMAT/ml de lait ;
– niveau d'hygiène élevé : 1 000 coliformes/ml et 18 000 FMAT/ml de lait.

Le contrôle de la qualité du lait par le comptage des cellules somatiques (CCS) est pratiqué dans les grandes unités de production modernisées comme la ferme Camelicious à Dubaï, mais n'est en aucune façon systématique (Nagy *et al.*, 2013). Globalement, on peut appliquer des normes proches de celles retenues pour le lait de vache (objectif : moins de 300 000 cellules/ml).

11. Élevage des jeunes

Viabilité des jeunes

La survie et la bonne croissance des jeunes sont un facteur essentiel pour la productivité numérique du troupeau, la qualité des femelles de remplacement et la valorisation des jeunes mâles pour la production de viande ou la reproduction. La viabilité du jeune dépend en grande partie des soins apportés juste après la mise bas (voir chapitre 9, section « Soins au chamelon nouveau-né ») et des conditions d'hygiène dans les 6 premiers mois de la vie du jeune, période la plus critique. En effet, 80 % des cas de mortalité chez les jeunes chamelons surviennent dans les 6 premiers mois de la lactation (figure 11.1).



Figure 11.1. La mortalité du chamelon survient dans 80 % des cas avant 6 mois. Le premier mois est le plus critique

Les causes de cette mortalité ont de multiples origines. Il peut s'agir de troubles infectieux affectant le système digestif (la diarrhée est la maladie la plus fréquente chez le chamelon) ou le système respiratoire, notamment en période froide. Mais le chamelon est aussi sensible aux intoxications par les plantes, aux accidents, au parasitisme gastro-intestinal et à la sous-nutrition (voir chapitre 13 consacré aux maladies). La survie du jeune renvoie aussi bien à la question des pratiques d'élevage (distribution du colostrum, pratiques de sevrage et d'allaitement) qu'à celle du statut immunitaire des jeunes animaux. Certains considèrent que les critères d'adaptation à un milieu hostile impliquent une pressante sélection naturelle aboutissant à la survie des seuls individus capables d'affronter les conditions d'un environnement difficile. Cependant, les systèmes laitiers plus intensifs constituent des milieux plus artificialisés où ces critères sont moins en cause. On peut donc considérer que les pratiques d'élevage sont plus déterminantes dans ce contexte, d'autant que les origines de la mortalité sont souvent multifactorielles. Il existe d'ailleurs une forte variabilité des performances inter-troupeaux incitant à penser que des améliorations peuvent être obtenues par l'amélioration des pratiques d'élevage, notamment des pratiques de soins destinés aux jeunes.

Outre les soins listés plus haut après la mise bas, d'autres actions protectrices ou préventives peuvent être mises en œuvre, notamment :
– veiller à la bonne prise du lait chez le jeune non sevré et à bien désinfecter le biberon en cas d'allaitement artificiel (figure 11.2) ;
– éviter de laisser le petit téter sa mère en cas de mammites ou d'œdème ;
– contrôler la croissance pondérale afin de détecter de potentiels accidents de croissance ;
– isoler les chamelons malades dès l'apparition des premiers signes de diarrhée, de pathologie respiratoire ou parasitaire (teigne notamment) ;
– gérer un sevrage progressif et donc être attentif lors du passage de l'alimentation entièrement lactée à l'alimentation fourragère ;
– traiter les lieux contre la présence des tiques ;
– vérifier les interactions entre les chamelons de même classe d'âge (compétition pour l'accès à l'alimentation, agressivité des congénères) ;
– réaliser des tests sérologiques en cas d'apparentes épidémies, qui peuvent être d'origine virale ou bactérienne.



Figure 11.2. Désinfecter sérieusement le biberon en cas d'allaitement artificiel entre chaque tétée

Le sevrage

Le passage d'une alimentation entièrement lactée à une alimentation à base de fourrages et de concentrés constitue une période charnière assez sensible pour les animaux d'élevage. En milieu traditionnel, le sevrage est d'autant plus tardif que le chamelon est présent lors de la traite. Une telle pratique se justifie dans un contexte de maigres ressources. Aussi, le sevrage intervient souvent vers 6 mois, parfois un an, voire plus. En milieu intensif destiné à la production de lait, un sevrage tardif se justifie beaucoup moins, d'autant que le chamelon prélève une part non négligeable du lait produit (environ 40 à 75 %). Il est donc économiquement nécessaire d'écarter au plus vite le chamelon sans toutefois risquer sa survie et sa croissance. Plusieurs études tendent à montrer que le chamelon supporte fort bien l'utilisation précoce d'une ration alimentaire à base de fourrage. D'ailleurs, on n'observe peu de stress de sevrage comme chez beaucoup d'autres espèces. Le sevrage précoce en milieu traditionnel survient

rarement avant 3 mois et s'appuie sur diverses méthodes coercitives, comme de placer une pièce de bois dans les naseaux du chamelon pour provoquer une réaction de défense de la mère. La technique la plus répandue, notamment chez les chameliers arabes, est l'utilisation du *chmel*, soit une pièce de tissu ou un tressage végétal qui interdit l'accès de la mamelle au petit entre les moments de traite. Toutefois, un tel dispositif constitue un véritable nid à microbes s'il n'est pas régulièrement nettoyé, ce pourquoi il est à prohiber dans les systèmes laitiers plus intensifs (figure 11.3).

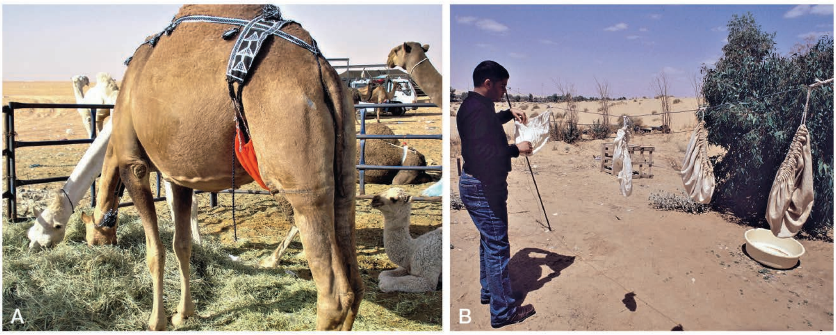


Figure 11.3. A. Utilisation du *chmel* pour protéger la mamelle et empêcher la tétée en dehors des moments de la traite (photo S. Saleh) ; B. Nettoyage du *chmel* dans une ferme saoudienne

Dans les élevages laitiers intensifs, le sevrage peut être commencé dès 6-7 semaines après la mise bas en fonction de la croissance du chamelon. Au bout de ce laps de temps, le chamelon est séparé de sa mère pendant la journée et la chamelle commence à être traite le matin. Cette période transitoire dure 2 ou 3 semaines pendant lesquelles le chamelon s'habitue à consommer des fourrages et un peu de concentrés, ce qui permet le développement de ses estomacs. Au bout de cette période, le chamelon est séparé complètement de sa mère et est socialisé dans la cohorte des jeunes nés à la même saison que lui. Toutefois, le chamelon peut être laissé auprès de sa mère pendant les 30 minutes suivant la traite afin qu'il puisse bénéficier du lait résiduel et ce, jusqu'à 5-6 mois. Au-delà de cette période, la présence du chamelon n'est plus nécessaire.

Contrôle de croissance et mensurations

Le poids du chamelon à la naissance est en moyenne de 35 kg avec un écart de 26 à 51 kg. En dessous de 25 kg, les chances de survie sont très faibles. Ce poids dépendrait plus de la croissance intra-utérine (donc de la génétique maternelle) et de l'environnement, notamment de l'alimentation de la mère en fin de gestation, que d'un éventuel potentiel génétique héréditaire (l'héritabilité apparaît faible). Cette faible héritabilité pourrait être associée à l'absence de sélection sur ce critère. Le contrôle de la croissance est un élément important du suivi des animaux. Globalement, cette croissance suit une courbe classique en S, mais avec des performances qui varient beaucoup selon les systèmes de production.

En milieu traditionnel, la croissance pondérale des chamelons est de l'ordre de 190 à 310 g/jour au cours de la première année. Dans des conditions plus intensives, le gain moyen quotidien (GMQ) varie de 440 à 580 g. Des valeurs plus élevées sont parfois rapportées dans la littérature (jusqu'à 750-800 g/j). En général, la croissance commence à diminuer au-delà de 6 mois (environ

500 g/j en milieu intensif), pour parvenir à 200 g/j environ au-delà de 2 ans. La croissance dure jusqu'à l'âge de 7 ans, mais ce sont les 12 premiers mois qui sont essentiels à contrôler. Pour cela, il existe deux méthodes : soit les mesures barymétriques, soit la pesée. Il existe plusieurs équations permettant d'estimer le poids à partir de quelques mensurations, mais ces équations ont été mises au point sur des animaux adultes (voir tableau 11.1) et ne sont pas nécessairement adaptées pour des jeunes animaux. On peut cependant se contenter de quelques mesures reflétant avec pertinence la croissance (hauteur au garrot, tour thoracique) sans chercher à estimer le poids. Mais l'utilisation d'une balance est plus fiable à condition de peser toujours dans les mêmes conditions, par exemple le matin à jeun et avant tout abreuvement, et avec un équipement adapté à la pesée d'animaux.

Il existe plusieurs systèmes de pesée (figure 11.4). Dans les enquêtes de terrain ou pour la seule pesée des très jeunes chamelons, un système démontable avec peson peut suffire. Dans les grandes unités laitières, il est possible d'installer un système de pesée avec balance électronique, mais un tel dispositif nécessite plus d'infrastructures avec couloir d'amenée et clôture appropriée.



Figure 11.4. A. Système démontable de pesée suspendue avec pesée au Niger ; B. Système de pesée avec balance électronique en Arabie saoudite

L'évaluation du poids des animaux adultes en l'absence de système de pesée par des équations est à prendre également avec prudence. Les mesures barymétriques les plus classiques incluent le périmètre thoracique, la hauteur au garrot et le tour abdominal. Une récente analyse comparative de 6 équations publiées dans la littérature scientifique (tableau 11.1) a montré que, par rapport au poids réel (en moyenne 406 kg), les valeurs estimées moyennes variaient entre 382 et 536 kg, les meilleures prédictions étant celles proposées par Field (1984) au Kenya ou Boué (1949) en Algérie.

Schwartz et Dioli (1992) ont également proposé une équation de prédiction du poids vif en tenant compte de la bosse : PV (en kg) = HG*TP*HB*50, où HB représente la hauteur de la bosse (en cm).

Une seule équation a été proposée pour évaluer le poids vif des animaux en croissance en fonction de l'âge en s'appuyant sur d'autres mensurations, à savoir la circonférence du cou (TC), celle de la cuisse (CC) et la longueur de la bosse (LB) selon la formule (Kamili *et al.*, 2006) :

PV (kg) = 4,06*âge (années)+3,05*TC (cm)+3,38*CC (cm)+1,38*LB (cm)-191

Tableau 11.1. Comparaison de quelques équations de prédiction du poids vif (PV) à partir de la hauteur au garrot (HG), du tour de poitrine (TP) et du tour abdominal incluant la bosse (TA) pour un poids moyen réel de 406 kg (source : Boujenane, 2019)

Équation	Poids estimé	Auteur	Lieu	Date
PV = 53*(HG*TP*TA)	404	Boué (1949)	Algérie	1949
PV = 52*(HG*TP*TA)	397	Graber (1966)	Tchad	1966
PV = 507*TP-457	536	Wilson (1978)	Soudan	1978
$PV = 6{,}46 \cdot 10^{-7} \cdot (HG+TP+TA)^{3{,}17}$	399	Field (1984)	Kenya	1979
PV = 3,06*TP-209,6	454	Bucci *et al.* (1984)	Égypte	1984
PV = 50*(HG*TP*TA)	382	Yagil (1994)	Israël	1994

De nombreuses autres mensurations ont pu être proposées, mais moins pour estimer le poids vif de l'animal que pour déterminer la morphologie des écotypes afin de distinguer des phénotypes camelins : longueur du cou et de la tête, longueur du corps, tour abdominal en arrière de la bosse, longueur des membres, hauteur sous-sternale etc. (figure 11.5).



Figure 11.5. Mesure du tour de poitrine chez une chamelle adulte en Arabie saoudite

12. Gestion de l'alimentation

Une bonne gestion de l'alimentation est essentielle pour assurer l'entretien et les performances de production des animaux de ferme. Cette gestion s'appuie sur la connaissance des besoins en fonction du statut physiologique de l'animal (gestation, lactation, croissance) et des ressources alimentaires disponibles afin de déterminer les rations optimales.

Les besoins alimentaires

Même si les besoins nutritionnels du dromadaire sont inférieurs à ceux des autres espèces, grâce à une utilisation digestive plus efficace et à des mécanismes de recyclage (voir chapitre 8 « La digestion chez les grands camélidés »), il est nécessaire qu'il s'abreuve et mange à proportion de sa taille et de ses productions. Les besoins alimentaires concernent l'apport nécessaire en protéines, en énergie, en minéraux et en eau pour l'entretien et la production. Ils varient donc fortement en fonction de ce qu'on attend de l'animal. Par ailleurs, le passage progressif vers des systèmes d'élevage intensifiés pour la production laitière s'accompagne d'un changement considérable du système d'alimentation. Au pâturage libre dans des zones pastorales à faibles ressources nutritives mais très diversifiées (voir chapitre 8, section « Comportement alimentaire ») se substituent des rations monotones à forte concentration énergétique et protéique, sans que les effets sur la productivité et les désordres métaboliques soient clairement évalués. Il est donc indispensable de fournir une ration équilibrée stimulant la production laitière espérée.

Les besoins énergétiques

On considère généralement que les besoins d'entretien du dromadaire adulte sont de l'ordre de 1,2 unité fourragère (UF) par 100 kg de poids vif. Une UF correspond à la valeur énergétique d'1 kg d'orge récolté au stade grain mûr. On distingue par ailleurs les unités fourragères pour produire du lait (UFL) et celles pour produire de la viande (UFV). L'UFL est la quantité d'énergie nette absorbable pendant la lactation ou l'entretien du ruminant, et correspond à 1 700 kcal pour 1 UFL. L'UFV est la quantité d'énergie nette absorbable lors de l'engraissement si le GMQ est supérieur à 1 000 g/j soit 1 820 kcal pour 1 UFV. Dans le système anglo-saxon, l'énergie est mesurée non pas en UFL, mais en mégajoules (MJ). Une UFL correspond à 7,1 MJ. Pour des animaux en déplacements quotidiens, les besoins énergétiques d'entretien sont majorés de 20 % pour tenir compte de la dépense musculaire. Les besoins en énergie chez la chamelle laitière dépendent évidemment de la quantité de lait qu'elle produit.

On trouvera dans le tableau récapitulatif ci-après les besoins énergétiques selon le statut de l'animal (tableau 12.1), sachant que l'étendue des valeurs dépend du poids de l'animal. En moyenne, les besoins énergétiques pour produire un litre de lait sont de 5 MJ soit 0,7 UFL. Une chamelle produisant 10 l de lait aura donc besoin de 7 UFL supplémentaires.

Les besoins azotés

On a vu dans le chapitre 8 (« La digestion chez les grands camélidés »), que les protéines et l'azote non-protéique des fourrages étaient métabolisés en ammoniac à partir duquel les microbes du compartiment C1 synthétisent les protéines digérées dans l'intestin. Cependant, une partie des protéines de la ration est également absorbée au niveau intestinal. Ces deux sources de protéines permettent de couvrir les besoins de l'animal à l'entretien, qui sont estimés à 90 g de protéines brutes par 100 kg de poids vif. Ceci correspond à des valeurs inférieures à celles des autres herbivores domestiques, du fait des capacités de recyclage de l'urée déjà évoqués plus haut. La production laitière de son côté nécessite environ 55 g de protéines digestibles par kilogramme de lait. Cependant, on connaît mal la répartition des protéines alimentaires en protéines lactées et musculaires chez les grands camélidés, mais en dépit des capacités de recyclage de l'urée, les dromadaires gaspillent une bonne partie des protéines ingérées et seulement 15 % de ce qui est ingéré serait retenu dans l'organisme. Les besoins selon le statut de l'animal sont résumés dans le tableau 12.1. Ces besoins sont sensiblement inférieurs à ceux d'une vache de même poids.

Tableau 12.1. Besoins quotidiens énergétiques et azotés en fonction du statut physiologique des dromadaires pour des poids variant de 100 à 600 kg (croissance) et une production laitière variant de 1 à 10 l/j de lait

Besoins/jour	Croissance post-sevrage*	Femelles non gestantes	Femelles gestantes	Femelles en lactation
Énergie (UFL)	2-7	3,5-5,1	3,9-8,1	5,6-12,9
Énergie (MJ)	14,6-54	24,9-42	28,1-57,6	40-92
Protéines (g)	195-495	144-321	234-492	470-608
Eau (l)	6-18	18-36	25-45	25-45

*pour une croissance de 500 g/j.

Besoins hydriques

Compte tenu de la capacité des grands camélidés à résister à la soif et surtout à économiser l'eau, les besoins hydriques sont assez faibles comparés à d'autres espèces d'élevage. On estime que dans les conditions climatiques défavorables (chaleur et sécheresse), les besoins quotidiens sont de l'ordre de 6 l pour 100 kg de poids vif. Ils sont divisés par deux lors de conditions favorables (saison fraîche et humide). Chez la femelle allaitante, la production laitière augmente les pertes hydriques du fait de la teneur en eau du lait et de l'augmentation du métabolisme de base induit par la lactogénèse. La production d'un litre de lait nécessite 1,5 l d'eau supplémentaire. Au cours du dernier tiers de la gestation, les femelles gestantes augmentent leur besoin en eau de 20 % environ.

Besoins en minéraux et en vitamines

Les besoins en sel (chlorure de sodium) sont élevés. Ils sont estimés à 20 g pour 100 kg de poids vif. Cela correspond pour un animal de 400 kg à un apport de 28 à 34 kg de sel par an. Au-delà de ces valeurs, l'excrétion urinaire en sel augmente de façon proportionnelle à la quantité ingérée. Compte tenu de la teneur en sel du lait, les besoins de la chamelle allaitante se situent autour de

2,5 g par litre de lait. En revanche, la gestation ne modifie pas les besoins. La complémentation en sel peut être assurée par l'apport de blocs de sel, surtout si les animaux n'ont pas accès à des plantes halophytes. Le coefficient d'utilisation digestive du phosphore et du calcium sont plus élevés que chez les bovins, ce qui signifie que les grands camélidés absorbent mieux ces minéraux majeurs. Les besoins d'entretien chez le dromadaire sont estimés à 4 g de calcium et 2,5 g de phosphore pour 100 kg de poids vif. Compte tenu des teneurs dans le lait, les besoins de la chamelle allaitante sont estimés à 1,9 g de calcium et 1,1 g de phosphore par litre de lait produit. Les apports nécessaires pour la construction osseuse du fœtus pendant le dernier tiers de la gestation sont mal connus. Par extension des résultats observés dans d'autres espèces, on peut cependant estimer ces besoins à 9,5 g de calcium et 5,5 g de phosphore par jour. Les besoins de croissance sont en revanche mal connus. Concernant le magnésium, il n'existe pas de références précises. On sait cependant qu'un apport quotidien de 3 g pour 100 kg de poids vif permet de maintenir une teneur normale dans le sang.

Concernant les éléments-traces, les besoins sont assez bien connus. La régulation du cuivre étant comparable à celle des bovins, les besoins chez les camélidés sont les mêmes, soit environ 15 mg pour 100 kg de poids vif. En revanche, le métabolisme du zinc est différent de celui des bovins, et si les apports recommandés sont de l'ordre de 60 mg pour 100 kg de poids vif, soit une valeur comparable à celle des bovins, il est vraisemblable que les besoins réels sont inférieurs. Il en est de même pour le sélénium, le dromadaire étant très sensible à un apport complémentaire. Les apports recommandés sont deux fois inférieurs à ceux des bovins, soit 0,06 mg par 100 kg de poids vif. Le lait de chamelle étant riche en fer et les fourrages en zones arides ou semi-arides contenant suffisamment de fer absorbable, il est inutile de complémenter les dromadaires ou les chameaux en cet élément. On trouvera dans le tableau 12.2 les besoins concernant ces principaux éléments minéraux.

Tableau 12.2. Besoins quotidiens en minéraux en fonction du statut physiologique des dromadaires pour des poids variant de 100 à 600 kg

Élément	Croissance	Non gestante	Gestante	En lactation
Sodium (g/j)	20-60	60-120	60-120	72-132
Calcium (g/j)	4-12	12-24	21-33	21-33
Phosphore (g/j)	1,8-5,4	5,4-11	10-16	10-16
Magnésium (g/j)	3,9	9-18	?	?
Cuivre (mg/j)	15-45	45-90	45-90	45-90
Zinc (mg/j)	60-180	180-360	180-360	180-360
Sélénium (mg/j)	0,12-0,36	0,36-0,72	0,36-0,72	0,36-0,72

Les besoins en vitamines ne sont pas connus. Compte tenu de la richesse exceptionnelle du lait de chamelle en vitamine C (acide ascorbique), les besoins sont sans doute importants chez la chamelle allaitante mais, comme chez les ruminants, l'acide ascorbique étant synthétisé au niveau du foie, il est inutile de prévoir une complémentation spécifique. En revanche, une complémentation en vitamines liposolubles (particulièrement les vitamines A et E) peut être envisagée, du fait de leur effet bénéfique sur la reproduction. Les concentrations de β- carotène (provitamine A) sont en effet très faibles aussi bien dans le sang que dans le lait, ce qui explique la couleur translucide du plasma du dromadaire,

et l'absence de couleur crème dans le lait. La teneur plasmatique en vitamine E est également comparativement plus faible que chez les autres herbivores domestiques. En revanche, l'acide folique (vitamine B9) et biotine (vitamine B7) présentent des concentrations plasmatiques similaires à celles des bovins. Ces résultats sont cependant insuffisants pour préciser les besoins et les carences vitaminiques sont mal connues dans cette espèce, bien qu'il y ait vraisemblablement un lien entre sensibilité à la gale et déficit en vitamine A. En revanche, les vitamines hydrosolubles du groupe B sont en quantités soit égales, soit plus faibles, notamment dans le lait, comparé au lait de vache par exemple. Mais les déficits ne sont jamais décrits dans la littérature. Les camélidés vivant en principe dans des régions très ensoleillées, la synthèse de la vitamine D par la peau sous l'effet du soleil apparaît très élevée (le taux dans le plasma est 10 fois plus élevé que dans celui de la vache). Toutefois, la question pourrait se poser dans les élevages implantés dans les pays du nord. En général, l'apport en minéraux et vitamines se fait par des blocs à lécher enrichis en éléments-traces et en vitamines. Cependant, contrairement aux bovins, les dromadaires et les Bactrianes ne « lèchent » pas ces blocs, mais ont tendance plutôt à les mordre. Il est donc plutôt conseillé d'apporter les compléments minéralo-vitaminiques sous forme de poudre ou de blocs concassés (figure 12.1).



Figure 12.1. Distribution de complément minéralo-vitaminique sous forme de blocs concassés pour permettre une meilleure ingestion

Les ressources alimentaires potentielles

Animaux des zones arides et semi-arides, les grands camélidés sont habitués à la végétation des zones sèches. Les plantes susceptibles d'être consommées par le dromadaire dans les conditions naturelles, sachant la diversité des situations pastorales depuis la Mauritanie jusqu'en Chine, sont très nombreuses et de valeur nutritive largement variée. Il existe cependant des particularités de ces plantes qu'on peut résumer ainsi :

– ce sont souvent des plantes de petite taille, à système racinaire puissant, munies de dispositifs permettant de limiter l'évapotranspiration (feuilles réduites, aciculaires, vernissées ou grasses) ;

– les plantes herbacées sont des thérophytes dont les graines ont une dormance durable et un pouvoir germinatif qui peut être conservé pendant longtemps;
– les végétaux pérennes ont la capacité de survivre en vie ralentie durant de longues périodes et sont dotés de mécanismes d'absorption racinaire et de rétention d'eau performants;
– la rhizosphère (c'est-à-dire la partie souterraine) de ces plantes est développée, ce qui conduit à une grande dispersion des touffes aériennes, souvent associée d'ailleurs, pour les plantes herbacées, à une grande mobilité.

Dans les régions pastorales où vivent les grands camélidés, la richesse floristique est plus importante qu'on ne l'imagine, même si chaque espèce est représentée par un nombre relativement restreint d'individus. Cependant, la dispersion de cette couverture végétale se traduit par une productivité pastorale faible à l'unité de surface. La charge animale à l'hectare est donc généralement très faible et on estime à plus de 20 ha par an la superficie nécessaire à l'affourragement d'un chameau adulte. Il s'agit bien entendu d'une moyenne, et une grande variabilité est observée selon les régions et selon les saisons (figure 12.2).

Un autre élément important relatif aux ressources alimentaires du dromadaire est l'utilisation des ressources ligneuses, qui peuvent être supérieures aux ressources herbacées aux marges du désert. La valeur nutritive des « pâturages aériens » est souvent supérieure à celle des graminées et autres plantes herbacées. Par ailleurs, la longueur du cou de l'animal lui permet d'avoir accès aisément aux feuillages des arbres de bonne taille (voir chapitre 8, « Comportement alimentaire »).

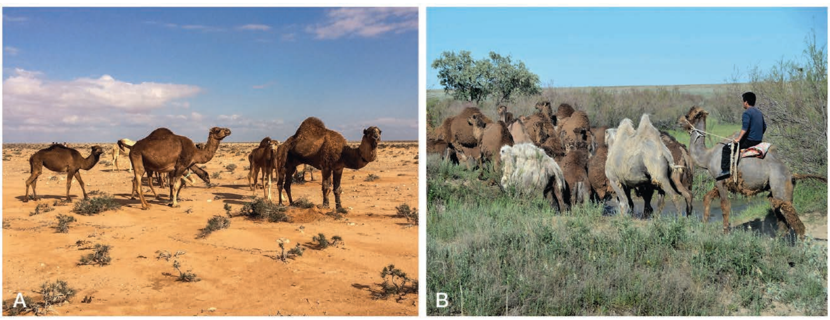


Figure 12.2. A. Dromadaires sur les parcours dans la région de Mathrouh en Égypte; B. Chameaux de Bactriane et hybrides sur les parcours de la région d'Akshi au Kazakhstan

Dans les systèmes intensifiés, les camélidés peuvent avoir accès à d'autres ressources issues de l'agriculture (brisures ou son de riz ou de blé, fanes d'arachide, orge, drêches de brasserie, sous-produits d'huilerie tels que le grignon d'olive, tourteau de coton ou d'arachide, etc.) ou à des concentrés du commerce en complément d'une ration de base qui peut provenir des parcours, de foins de luzerne ou d'autres plantes fourragères issues de périmètres irrigués (figure 12.3). Des essais d'ensilage ont été réalisés à partir de graminées (notamment l'herbe de Rhodes – *Cenchrus ciliaris*). Les rations à base de paille traitée à l'urée (pour augmenter la part d'azote non protéique) ou les blocs de mélasse-urée parfois proposés comme complément chez les vaches laitières sont à éviter du fait du risque hyperurémique.

Dans les élevages implantés dans les pays du nord, les conditions d'alimentation à base de prairies tempérées peuvent apparaître particulièrement riches,

notamment au printemps, et être à l'origine de troubles métaboliques divers. Il est donc conseillé d'apporter du lest (paille de blé par exemple) à raison d'un kilogramme par jour au moins.



Figure 12.3. Affouragement de chamelles laitières avec du foin de luzerne provenant de périmètres irrigués en Arabie saoudite

Le calcul de la ration

L'énergie est apportée dans la ration alimentaire soit par la cellulose et les hémicelluloses qui constituent les parois cellulaires des plantes consommées, soit par les amidons et les sucres complexes présents en abondance dans les concentrés comme les grains d'orge ou de blé. Ces nutriments sont transformés en sucres simples pour les premiers et en glucose pour les seconds, mais, dans tous les cas, ces sucres se transforment en acides gras volatils (AGV) : acétate, propionate et butyrate. Ces AGV sont rapidement absorbés par les parois des estomacs et passent dans le circuit sanguin pour être métabolisés dans les différents organes sous forme d'énergie. Avec des rations riches en cellulose, le taux d'acétate est plus élevé alors qu'avec les rations plus riches en concentrés, ce sont les propionates et butyrates qui prédominent, ainsi que la quantité de glucose absorbée dans l'intestin, notamment avec des aliments riches en grains. Or, propionates et butyrates sont des produits utilisés préférentiellement par les tissus adipeux. Chez les femelles en lactation, les dépôts corporels s'accroissent donc aux dépens des sécrétions mammaires, à moins qu'ils s'agissent de femelles à haut niveau de production. Cependant, chez les chamelles faiblement productrices, comme c'est le cas pour la plupart des « races » africaines, l'apport excessif de concentrés ne se traduira pas nécessairement par plus de lait ou du lait plus riche, mais par un remplissage de la bosse.

Il est donc recommandé dans les rations « intensives » de :
– mélanger les concentrés avec les fourrages, en fractionnant la distribution des aliments concentrés ;
– limiter les apports en glucides facilement fermentescibles (amidon, écarts de dattes) ;

– ne pas détruire la structure fibreuse des fourrages et des enveloppes de céréales (éviter donc de hacher les pailles et les foins);
– limiter l'apport des concentrés à un maximum de 40-45 % de la matière sèche;
– limiter l'apport en énergie UFL des concentrés à 60 %, soit une densité énergétique située entre 0,91 et 1,17 UFL/kg MS;
– préférer comme concentrés, l'orge ou le blé plutôt que le maïs ou le sorgho pour maintenir un ratio (acétates+ butyrate)/propionates d'environ 3,5.

Ces modifications peuvent conduire à une utilisation préférentielle des produits finaux de la digestion par la mamelle plutôt que pour les réserves adipeuses. L'addition de concentrés doit donc être opérée avec prudence, d'autant plus que cette addition n'a pas d'effet négatif sur la digestion du fourrage. Par exemple, un apport de concentré à raison de 20 % de la ration de base augmente l'ingestion de 17 à 22 %, qui s'explique par une plus grande vitesse d'élimination des produits de la digestion microbienne (acides gras volatils, ammoniaque) liée à un turn-over plus rapide de la phase liquide des digestats et une absorption plus importante par la paroi digestive. En conséquence, les rations riches en concentrés conduisant à un excès de propionates par rapport aux acétates peuvent induire des cas d'obésité (figure 12.4).

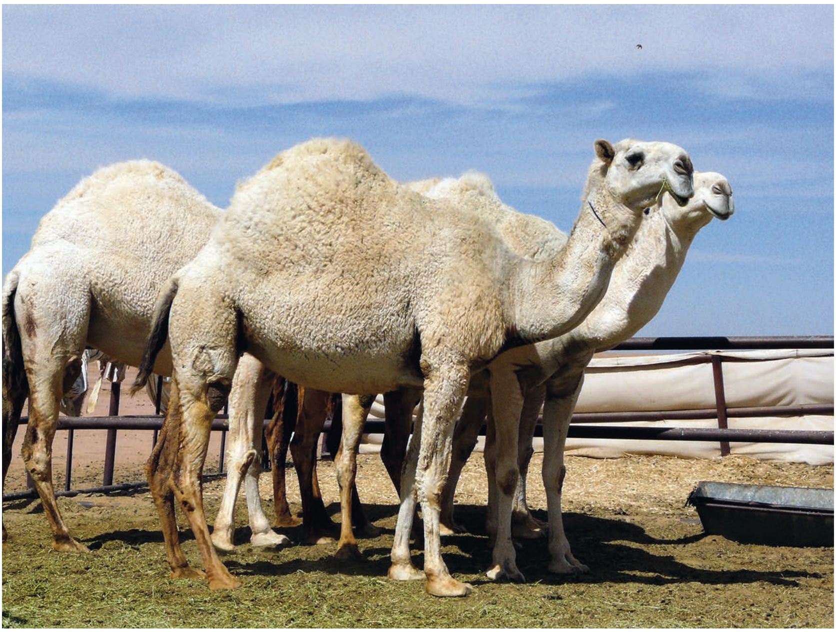


Figure 12.4. Obésité chez un dromadaire se traduisant par un stockage excessif de gras dans la bosse

Lorsque le fourrage est riche en azote, la consommation totale augmente significativement, alors que les produits pauvres, tels que la paille sont ingérés en moindre quantité. Toutefois, cette diminution est compensée par la bonne valorisation des rations pauvres. En effet, la digestibilité des pailles est d'environ 5 % supérieure à celle mesurée chez le mouton, et atteint même 7 % en cas de déshydratation.

Il n'existe pas de ration-type en élevage laitier intensif, car celle-ci dépend des disponibilités locales. Cependant, à partir d'un disponible fourrager et de

sous-produits de l'agriculture, on peut établir une ration afin de couvrir au plus près les besoins en énergie et en protéines en fonction de la production laitière espérée. Dans la figure 12.5 ci-dessous, est présentée par exemple une feuille de calcul à partir de la valeur énergétique et protéinique de quelques aliments composant la ration pour une production de 8 l de lait par une chamelle de 450 kg et ingérant 2,5 kg de MS/100 kg de PV. La ration présentée ici couvre largement les besoins en protéines mais seulement 90 % de l'énergie. Il est donc souhaitable de rééquilibrer la ration par un apport d'énergie supplémentaire tout en diminuant les protéines.

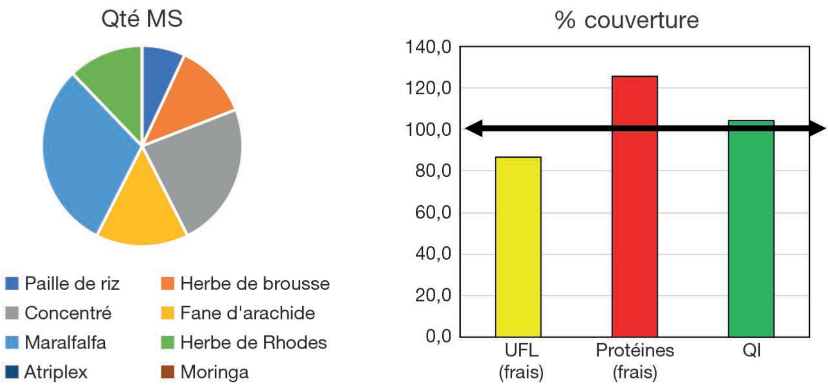


Figure 12.5. Feuille de calcul simplifié d'une ration pour une chamelle laitière

13. Gestion de la santé

L'élevage des grands camélidés est considéré comme un élevage à risque du fait de la lenteur du cycle de vie et du relatif faible taux de survie des jeunes. Une bonne gestion sanitaire est donc essentielle pour optimiser la productivité, d'autant que la symptomatologie dans cette espèce (c'est-à-dire l'expression des symptômes) est souvent frustre et, de ce fait, le diagnostic difficile. Il faut donc privilégier la gestion sanitaire aux soins donnés au coup par coup. Globalement, les grands camélidés sont peu sensibles aux grandes maladies infectieuses qui affectent le bétail en zone tropicale, telle que la fièvre aphteuse, la peste bovine ou la péripneumonie. Mais cette résistance ne doit faire oublier le lourd tribut payé à d'autres maladies largement répandues. Par ailleurs, l'intensification des systèmes d'élevage et l'adaptation de l'espèce à des écosystèmes tempérés conduisent à une nouvelle configuration des risques sanitaires. On abordera successivement dans cette partie la problématique de la contention, les éléments à savoir pour l'examen clinique des animaux, quelques éléments sur les principales maladies rencontrées et quelques données sur l'interprétation des analyses sanguines.

Techniques de contention

Les grands camélidés sont des animaux de grande taille, dont l'examen clinique ou les manipulations diverses pour les traitements ou les suivis de la reproduction nécessitent une contention afin d'éviter aux opérateurs d'être victimes de réactions violentes ou agressives tout en limitant le stress et les risques d'accident pour l'animal et pour eux-mêmes. En général de caractère placide (en particulier les chamelles laitières qui ont l'habitude d'être manipulées), l'animal est néanmoins capable de gestes violents (morsures, coups de pied, réjection de contenu ruminal, écrasement sous sa plaque sternale comme il le ferait pour soumettre un congénère lors d'un combat) et de réactions inattendues engendrées par un stress important. De plus, il vocalise avec force son mécontentement, sa colère ou sa peur, ce qui peut être très déstabilisant pour l'opérateur. La mise en place des bonnes techniques de contention est donc essentielle et nécessite souvent plusieurs intervenants.

Contention de la tête

La tête des grands camélidés représente une masse non négligeable (15-20 kg) plantée à l'extrémité d'un très long cou de plus d'un mètre. Une telle disposition anatomique constitue une masse dotée d'une forte inertie capable d'assommer tout opérateur devant intervenir près de la tête (par exemple pour une prise de sang à la jugulaire). De plus, l'animal est capable de mordre profondément et de broyer par un cisaillement latéral des mâchoires. Avec ses canines, le mâle peut particulièrement provoquer des blessures profondes et débilitantes (figure 13.1). Une bonne contention de la tête est donc de première importance.



Figure 13.1. Le mâle possède des canines bien développées pouvant entraîner des morsures débilitantes en l'absence d'une bonne contention

Si on est amené à manipuler souvent un grand camélidé, il est conseillé de placer un licol en permanence. Il existe plusieurs types de licol, la plupart correspondant à ceux utilisés pour les chevaux (licol Shetland pour les jeunes chamelons ou licol de taille cob pour les adultes). Dans les pays du Golfe on trouve aussi des licols spéciaux pour dromadaire dans les *camel souk* (figure 13.2).

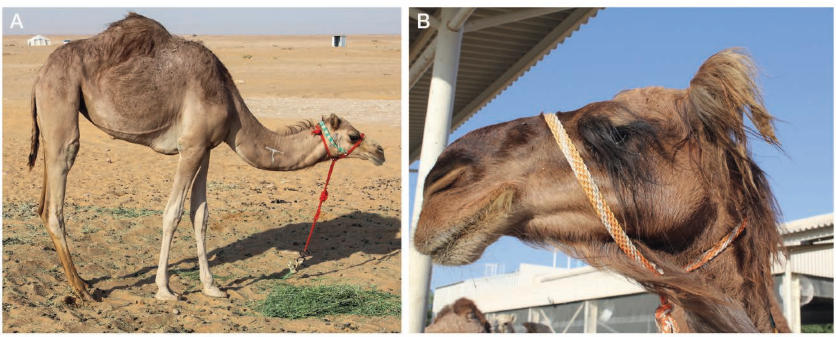


Figure 13.2. A. Licol type corde pour dromadaire de course en Arabie saoudite ; B. Licol type ruban pour chamelle laitière à Dubaï

L'utilisation d'une simple corde placée autour du cou est à prohiber (risque de luxation cervicale, lacération, strangulation), sauf pour faire gonfler la veine jugulaire au moment de la prise de sang.

L'utilisation de la muselière est indiquée pour éviter morsures et réjection de jus de rumen, mais en général, elle est surtout utilisée chez les chameaux de course pour éviter la consommation de fourrages non désirés par le propriétaire, la muselière étant ôtée au moment de la distribution de la ration alimentaire adaptée à ce type d'animal. Il en existe aussi plusieurs sortes (figure 13.3).

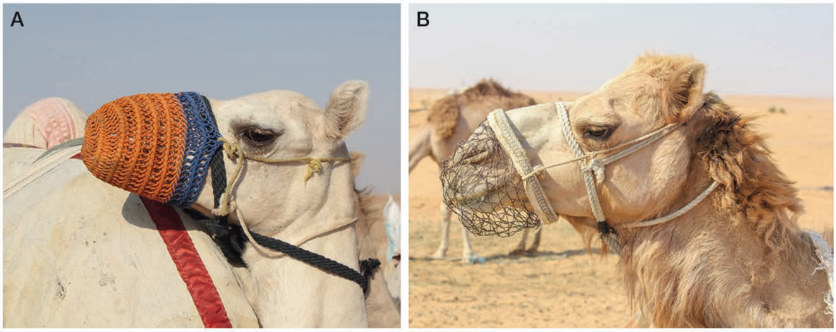


Figure 13.3. A. Muselière tressée en coton pour chameau de course ; B. Muselière en filet pour jeune mâle

En l'absence de licol et/ou de muselière, on peut utiliser une lacette pour fermer la mâchoire efficacement, les muqueuses demeurant accessibles pour leur examen. Il est possible aussi de placer une corde autour de la mâchoire inférieure et de serrer pour contenir la tête et permettre l'observation de la bouche (figure 13.4).



Figure 13.4. Maintien de la tête par une corde serrée autour de la mâchoire inférieure (photo G. Konuspayeva)

Le maintien de la tête, par exemple pour placer une boucle auriculaire, peut aussi se faire en tenant fermement les lèvres inférieure et supérieure (figure 13.5). En revanche, le maintien par les oreilles est possible, mais plus difficile car les oreilles des grands camélidés sont petites.



Figure 13.5. Maintien de la tête d'un dromadaire en tenant fermement les lèvres supérieure et inférieure et en mettant le cou en extension

Chez de nombreux chameliers, il est d'usage de placer un anneau nasal (figure 13.6) ou une cheville en bois perforant la cloison nasale des animaux. Ces dispositifs ne permettent pas la pose d'une muselière, mais sont en général utilisés pour l'activité caravanière ou de balade afin d'attacher les animaux les uns derrière les autres.

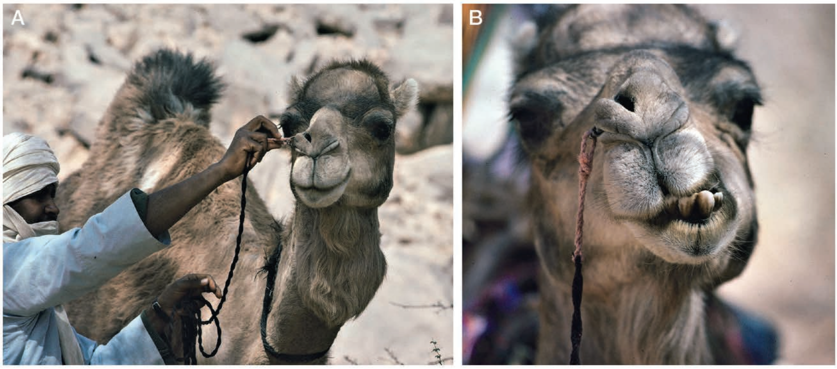


Figure 13.6. Pose d'une cordelette dans l'anneau nasal pour des dromadaires de caravane en Algérie

En tout cas, ils ne sont pas très pratiques pour maintenir la tête. D'une part, ils n'empêchent pas les morsures et, d'autre part, en gesticulant, l'animal peut arracher l'anneau et se couper les ailes des naseaux. La cheville est plus solide, mais la pose est plus douloureuse et désormais déconseillée par les associations de défense des animaux (figure 13.7).

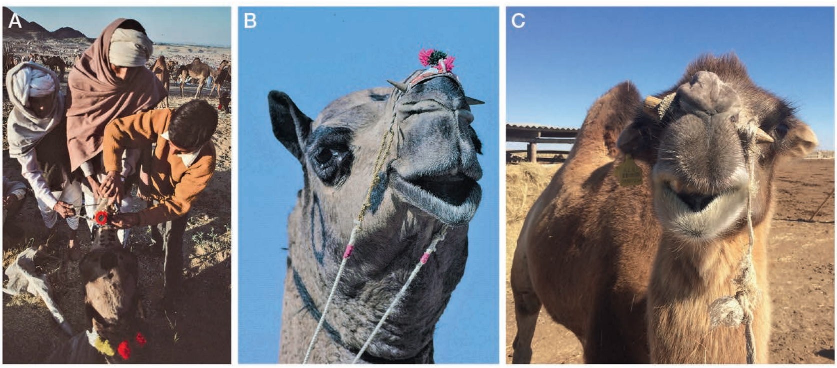


Figure 13.7. A. Pose d'une cheville nasale sur un dromadaire en Inde; B. Point d'attache pour attraper l'animal et le maintenir dans une caravane; C. Cheville nasale sur un chameau de Bactriane au Kazakhstan

Les chevilles nasales sont aussi utilisées pour empêcher les chamelons de téter leur mère afin de démarrer le sevrage ou sur les adultes ayant tendance à téter leurs congénères, cette attitude étant considérée comme une anomalie du comportement (figure 13.8).

Dans tous les cas, le maintien de la tête est essentiel pour de nombreuses manipulations. Il importe : (i) de placer la tête le plus bas possible chez l'animal debout pour éviter qu'il se cabre et frappe des antérieurs; (ii) de tendre le cou pour éviter les coups de tête; ou bien (iii) de replier le cou sur le thorax pour éviter les coups de masse par le balancement du cou (figure 13.9).



Figure 13.8. Cheville nasale coercitive visant à empêcher l'animal de téter ses congénères



Figure 13.9. Position cou replié sur le thorax permettant d'éviter les coups de balancement de la tête, position pratique pour la pose de boucles auriculaires ou des prises de sang à la jugulaire

Contention des membres

Le dromadaire a la capacité de frapper aussi bien avec les pattes avant qu'avec les pattes arrière et ce, dans toutes les directions. Même si le Bactriane est un peu moins agile, cela rend les grands camélidés plus dangereux que les autres grands animaux de ferme. De plus, étant haut sur patte et ayant les attaches sur le thorax (pattes avant) ou l'abdomen au pli du grasset (patte arrière) bien dégagées, l'ampleur des mouvements est bien plus grande que chez les autres espèces. Il vaut donc mieux intervenir sur l'animal couché, car il est alors possible de le bloquer en position sternale par la contention des antérieurs et des postérieurs ; Toutefois, si on doit intervenir sur l'animal debout (par exemple sur la mamelle chez la femelle ou sur le pénis du mâle), il est préférable de se placer au plus près pour éviter de prendre les coups en fin de course – capables de briser les jambes de l'opérateur – et d'entraver la partie distale des membres.

Contention chez l'animal en position baraquée

Il existe plusieurs méthodes pour bloquer l'animal au sol :

– maintien des antérieurs (figure 13.10A) : passer une corde sur le paturon et maintenir le membre plié en passant sur le radius au plus proche du coude. Idéalement, on peut passer ensuite la corde sur le cou et faire de même avec l'autre antérieur (figure 13.10B) ;

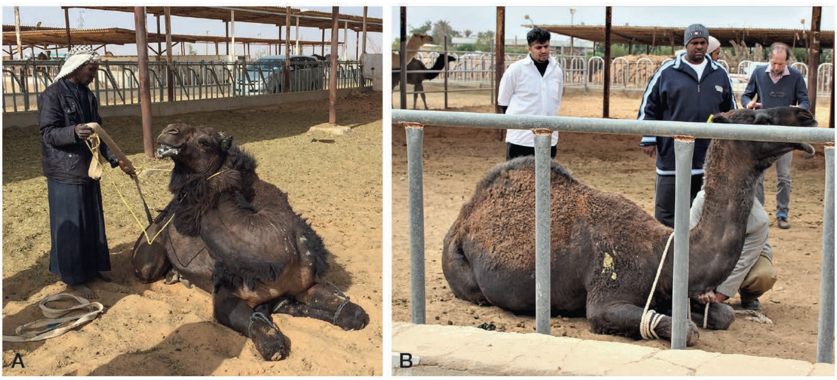


Figure 13.10. A. Maintien des deux antérieurs repliés, empêchant l'animal de se relever ; B. Maintien des membres antérieurs avec passage de la corde au-dessus du cou (photo G. Konuspayeva)

– maintien des postérieurs : passer une corde pour tenir le jarret plié, et idéalement le faire sur les deux postérieurs.

Le maintien des postérieurs et des antérieurs simultanément permet de basculer l'animal pour avoir accès par exemple à la mamelle pour des interventions chirurgicales (figure 13.11).

Quand l'animal n'est pas dressé pour se coucher, il existe plusieurs méthodes pour le forcer. Cela demande une bonne expérience de ces techniques. L'une d'entre elles consiste à passer une corde derrière les membres postérieurs par deux opérateurs situés de chaque côté de l'animal, tandis qu'un troisième homme plie l'un des membres antérieurs. Les deux premières personnes tirent la corde afin de pousser les membres arrière vers l'avant animal, l'obligeant ainsi à plier l'ensemble de ses membres et à descendre sur son coussinet sternal. Lorsque l'animal est baraqué, il est maintenu dans cette position par la corde attachée autour des deux membres postérieurs en plus des membres antérieurs.

Une autre technique qui nécessite au moins deux opérateurs aguerris consiste à courir autour de l'animal chacun en sens inverse de l'autre en entourant l'animal avec une corde autour des membres, puis après 2 ou 3 tours resserrer l'étreinte jusqu'à faire basculer l'animal (figure 13.12).



Figure 13.11. A. Contention des membres postérieurs et antérieurs ; B. Basculement d'un animal contenu pour intervention sur une mamelle touchée par une déchirure d'un trayon (photo G. Konuspayeva)



Figure 13.12. Contention d'un chameau de Bactriane non dressé au Kazakhstan. A. Mise en place de la corde autour des membres ; B. Course autour de l'animal dans des sens inverses ; C. Déstabilisation de l'animal ; D. Basculement de l'animal ; E. Blocage de la tête ; F. L'animal est maîtrisé (photos G. Konuspayeva)

Contention de l'animal debout

Pour contenir l'animal en position debout, le plus simple est de poser une entrave des deux membres antérieurs ou postérieurs (inutile d'entraver les deux membres d'un même côté, les grands camélidés marchant à l'amble). Il est préférable de torsader la corde entre les deux membres, ce qui la rend plus solide et évite d'enchevêtrer l'animal (figure 13.13).



Figure 13.13. A. Entrave de deux postérieurs chez un dromadaire ; B. Entrave de deux antérieurs chez un dromadaire

L'entrave des postérieurs est également utilisée pour éviter que la chamelle en lactation ne gesticule pendant la traite, notamment pendant la période d'adaptation à la machine à traire. Pour éviter les risques de coup de pied, parfois seul un des membres antérieurs est entravé (figure 13.14). Cette technique est aussi utilisée pour les animaux ayant tendance à s'éloigner au moment du pâturage, limitant ainsi le rayon de leurs déplacements. Les camélidés ont un très bon équilibre sur trois membres. Leur immobilisation debout s'en trouve donc facilitée.



Figure 13.14. Immobilisation d'un dromadaire par entrave d'un membre antérieur

Dans tous les cas, les cordes d'entrave doivent avoir un diamètre suffisant pour ne pas cisailler l'animal et être assez souples pour pouvoir les défaire facilement.

Pour des interventions individuelles qui nécessitent par exemple des palpations rectales (troubles de la reproduction), des prélèvements de fèces ou une récolte d'urine, voire des prises de sang, l'utilisation d'une cage de contention (« travail ») peut être utile, mais nécessite un apprentissage de l'animal (figure 13.15A). Autant il est intéressant d'investir dans un tel apprentissage pour des interventions régulières sur l'animal (suivi de la reproduction par exemple), autant amener l'animal à entrer de façon aléatoire dans une telle structure peut être laborieux (figure 13.15B). Sous l'effet de la peur ou de la douleur l'animal peut se jeter à terre (contrairement à un équidé) et risque de se coincer dans le travail si ce dernier n'a pas d'ouverture latérale.

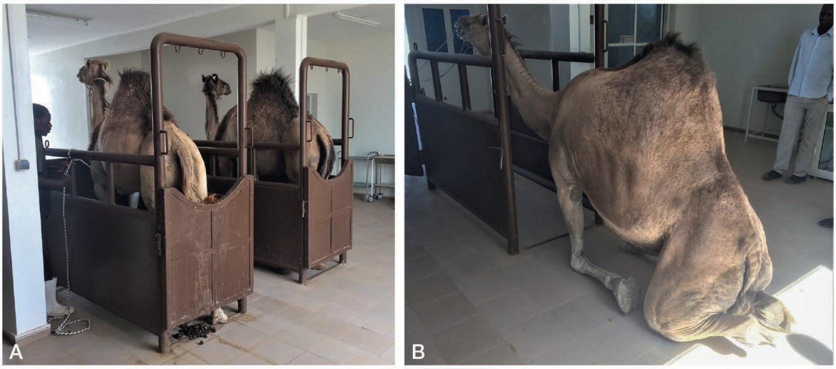


Figure 13.15. A. Cage de contention (« travail ») pour les examens individuels ; B. Refus d'entrée dans une cage de contention par un dromadaire non entraîné

Pour des interventions sur l'ensemble d'un troupeau, il peut être utile de disposer d'un couloir de contention dans lequel plusieurs animaux peuvent pénétrer. Les structures métalliques rondes seront préférées et elles doivent être suffisamment solides car on sous-estime toujours la force d'un camélidé stressé. Elles doivent aussi être suffisamment hautes (1,60 à 1,80 m selon les écotypes pour la barre la plus élevée), car les grands camélidés, particulièrement les dromadaires, peuvent sauter (figure 13.16). Avec les animaux trop craintifs, non entraînés, une sédation peut être nécessaire. D'une façon générale, il est préférable d'être plusieurs pour l'examen d'un camélidé.



Figure 13.16. Couloir de contention avec balance électronique en Arabie saoudite

Sédation et anesthésie

La sédation consiste à permettre l'examen d'un animal craintif ou non éduqué et donc de limiter le stress. Les protocoles sont divers et utilisent une combinaison de sédatifs. Dans la pratique, sont utilisés :

– xylaxine 0,25 mg/kg en intraveineuse (IV) ou 0,35-0,45 mg/kg en intramusculaire (IM) ;
– xylaxine (0,15 mg/kg) associé à la kétamine (2,5 mg/kg) en IM ;
– xylaxine (0,2 mg/kg) associé au butorphénol (0,05 mg/kg) en IM ;
– meditomidine (0,01 mg/kg) associé à la kétamine (2,5 mg/kg) en IM ou IV ;
– detomidine 0,03 à 0,06 mg/kg en IV.

Une fois l'animal tranquillisé, il faut le laisser dans le calme et attendre que les produits fassent bien leur effet avant de le stimuler et d'intervenir. Souvent l'animal se couche et c'est l'opportunité à saisir pour le bloquer en position sternale.

Une bonne sédation accompagnée d'une anesthésie locale permet des gestes courants tels que prise de sang, pose d'un cathéter veineux ou sous palpébrale, paracentèse, palpation, examen de la bouche (figure 13.17).



Figure 13.17. Préparation d'un sédatif avant intervention sur un chameau de Bactriane au Kazakhstan (photo G. Konuspayeva)

L'anesthésie locale est utilisée pour des interventions légères et localisées, inciser un abcès, faire une suture, poser un cathéter. Elle vient souvent en complément de la sédation, notamment en cas de castration ou de césarienne. Sauf chez les jeunes animaux, le surdosage est bien toléré avec des injections locales (sous-cutanées). L'anesthésique le plus courant est la xylocaïne 2 % (ou des formes similaires). Pour les anesthésies de la région oculaire, on utilise la tétracaïne ou la propacaïne. Pour les endoscopies ou les intubations endotrachéales, les gels de lidocaïne sont envisageables.

L'injection la plus délicate concerne l'anesthésie épidurale, préconisée en cas de chirurgie périanale, mais surtout lors de réduction d'un prolapsus rectal ou vaginal. Elle se pratique dans le premier espace intervertébral mobile après le

sacrum (pour le repérer, il faut saisir la queue d'une main et remonter la queue pour localiser l'espace mobile). Il vaut mieux raser la zone et bien la désinfecter pour mieux repérer le point d'injection. L'aiguille est insérée perpendiculairement ou légèrement vers l'avant. On injecte 1 à 3 ml de lidocaïne HCl (sans épinéphrine) pour une anesthésie d'une à deux heures.

L'anesthésie générale nécessite plus de précaution. Un bilan sanguin pré-anesthésique peut être utile chez des individus âgés ou malades. Les risques de régurgitation étant importants, il est utile de procéder à une diète solide de 24 à 36 heures accompagnée d'une diète hydrique d'au moins 12 heures. L'anesthésie peut être induite de préférence chez l'animal couché après sédation, mais il est possible aussi de la faire chez l'animal debout tranquillisé. Si l'animal se couche sur le côté, il est préférable que ce soit sur le côté droit, qui présente moins de risque de provoquer la régurgitation. La tête peut être maintenue légèrement en hauteur pour éviter les régurgitations passives, mais, si une régurgitation se produit, il faut immédiatement baisser le plus possible la tête pour éviter une fausse déglutition. Enfin, pour éviter un risque de paralysie, il convient de tirer le membre antérieur placé en dessous pour éviter un écrasement du nerf radial contre les côtes.

Il existe deux types d'anesthésie générale :
– une anesthésie fixe avec un cathéter placé en voie veineuse par lequel on injecte par exemple un mix de kétamine 1 mg/ml associé à guaifenesin 5 % avec une induction à 1,7-2,2 ml/kg, puis entretien à 2,6 ml/kg/heure (+/- butorphenol 0,02 à 0,05 mg/kg) ou bien un mix de kétamine 2-5 mg/kg et diazépam 0,2-0,5 mg/kg ;
– une anesthésie gazeuse, qui nécessite une intubation endotrachéale après nettoyage de la bouche et, chez le mâle, une remise en place de la *dulla*, la partie molle du voile du palais, à cause du risque de protrusion pendant l'intubation. Le gaz anesthésiant le plus couramment utilisé chez les grands camélidés est l'halothane, bien que l'isoflurane, moins dépressif sur le plan cardio-respiratoire, soit préférable.

Pour son réveil, l'animal doit être placé en décubitus sternal, tête droite maintenue dans l'axe. On pourra placer des ballots de paille pour stabiliser l'animal. Il est préférable de l'entraver dans cette position et attendre qu'il soit totalement réveillé pour le libérer. La longueur et la flexibilité du cou des camélidés font qu'un animal mal réveillé peut se luxer les cervicales au réveil en retombant mal sur son cou. La tête sera maintenue légèrement en hauteur pour limiter les régurgitations. Une fois bien réveillé, une réalimentation progressive pourra être mise en place rapidement (environ 12 h). Si l'anesthésie locale peut être éventuellement pratiquée par l'éleveur, dans tous les cas l'anesthésie générale doit être suivie par un vétérinaire.

Examen clinique et prélèvements

On rappelle ici que les dromadaires et les Bactrianes sont peu expressifs de leurs douleurs et les symptômes peuvent être très frustres. Il est donc indispensable de faire un recueil de commémoratifs précis. On renseignera les données générales de l'animal (âge, milieu de vie, présence des congénères, alimentation…), les données comportementales (attitude générale, dépression, apathie, agressivité…) et surtout les signes attestant d'un problème pathologique (arrêt de la rumination, boiterie, diarrhée, hyperthermie, difficultés respiratoires, écoulements nasaux ou génitaux…).

Examen clinique général

Un examen clinique consiste à regarder avec précision plusieurs points :

– l'état d'embonpoint de l'animal : on dispose d'une grille de notation de l'état d'embonpoint du dromadaire (encadré 13.1). Un animal très maigre peut traduire une maladie parasitaire (par exemple la trypanosomose), des troubles digestifs ou une mauvaise gestion alimentaire des animaux. À l'inverse, des animaux trop gras peuvent être affectés par des troubles de la reproduction ou des troubles locomoteurs ;

– la posture générale : animal debout ou couché, en décubitus sternal ou latéral, comportement agité ou apathique sont autant de signes de fatigue ou de douleur ;

– l'apparence générale : normalement, le poil est fourni sur l'encolure, la bosse et les flancs ; il est très court, voire absent en région ventrale et sur la face interne des cuisses. Un poil « piqué » ou terne, la présence d'œdème ou d'abcès, de traces de sudations, un aspect mité de la laine, la présence d'irritations, de blessures sont des signes de « troubles ». Attention, en période de mue (chute de la laine d'hiver), l'animal peut paraître « miteux » sans que cela soit lié à une quelconque maladie (figure 13.18) ;



Figure 13.18. Aspect « miteux » d'un hybride au moment de la mue de printemps (chute naturelle de la laine d'hiver)

– examen des ganglions lymphatiques : ils sont les premiers à se transformer en abcès (figure 13.19) ;

– examen des yeux : l'œil doit être bien ouvert, sans larmoiement, sa pupille est ovale horizontale avec des corps *migrans* en marge dorsale et ventrale de petites tailles. L'iris peut être décoloré. La rétine est sans tapis, ni *fovea* avec des vaisseaux nombreux qui convergent vers la papille. La cornée est lisse et brillante. Les réflexes palpébraux et pupillaires sont présents. Le conduit lacrymal fait 2 à 3 mm de diamètre, il part du canthus médial pour finir à la jonction muco-cutanée de la narine. La présence de larmes, un œil fermé, une opacité sur la cornée, une absence de réflexe sont des signes pathologiques. Par temps sec, l'œil est régulièrement humidifié grâce à la paupière nictitante (la troisième paupière latérale), dont la fonction est entre autres de lubrifier la surface oculaire et de protéger la conjonctive des vents de sable ;

– examen des naseaux : normalement les naseaux sont bien secs. Il faut noter la présence de jetage uni- ou bilatéral, séreux ou purulent, avec ou sans odeur, lié ou non à un trouble respiratoire ;

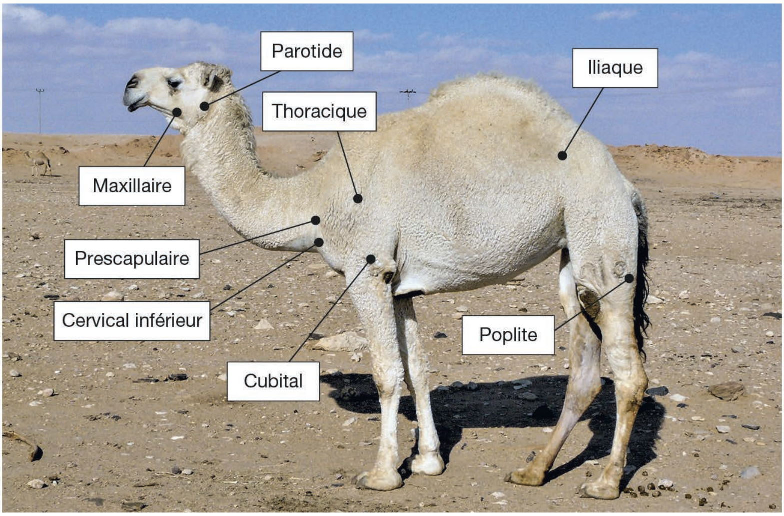


Figure 13.19. Emplacement des principaux ganglions palpables chez le dromadaire

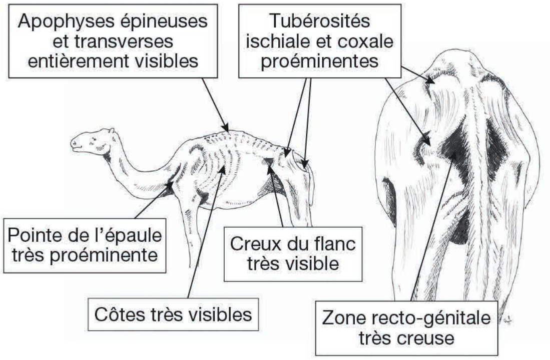
– examen des muqueuses buccales : normalement rose, elle peut aussi être irrégulièrement noire de façon physiologique. Une pâleur excessive ou une congestion sont des signes pathologiques;
– prise de température : attention, les grands camélidés ont une température qui varie au cours de la journée en fonction de la température extérieure, entre 35 et 40 °C, sans que cela soit lié à un problème infectieux. Il s'agit donc d'un paramètre peu fiable;
– fréquence cardiaque : Le stéthoscope est placé en arrière du coude, contre le thorax, à gauche. Le rythme est sinusal avec deux bruits bien distincts et une fréquence comprise entre 30 et 50 battements/min. On peut aussi prendre le pouls artériel sous la queue chez les jeunes animaux ou derrière le carpe chez l'adulte. Une élévation de la fréquence est observée en cas de stress, mais aussi de douleur. Une perturbation du rythme ou un souffle sont le signe d'un trouble cardiaque;
– fréquence respiratoire : la respiration des grands camélidés est normalement silencieuse et se fait par les naseaux. Les mouvements thoraciques sont à peine perceptibles. Pour mesurer la fréquence respiratoire, il faut mettre la main à plat sur le thorax pour la sentir ou placer le stéthoscope sur la trachée. Une affection respiratoire (pneumonie) se traduit par une augmentation de l'amplitude des mouvements thoraciques, des difficultés de ventilation, parfois une respiration sifflante, voire de la toux;
– examen de l'appareil digestif : en auscultant l'abdomen du côté gauche, on perçoit les bruits au niveau des estomacs à raison de 3 à 4 sons émis par minute. En tapant avec les doigts également sur le côté gauche, on perçoit un bruit tympanique lors de distensions gazeuses.

Cependant, les principaux signes de maladie chez les grands camélidés sont l'abattement et la perte d'appétit, voire l'anorexie. Par ailleurs, la contention parfois nécessaire pour certaines étapes de l'examen clinique peut fausser les données recueillies (rythme respiratoire et cardiaque, température rectale). Il est donc souvent indispensable de procéder à des examens complémentaires et donc à prélever du sang ou d'autres liquides biologiques (urine, lait) et, en cas de mortalité inexpliquée, d'utiliser des techniques d'imagerie médicale (échographie) et de procéder à une autopsie.

Encadré 13.1. Grille de notation de l'état corporel

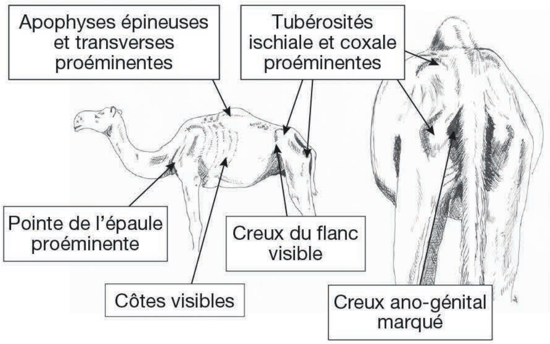
Note 0





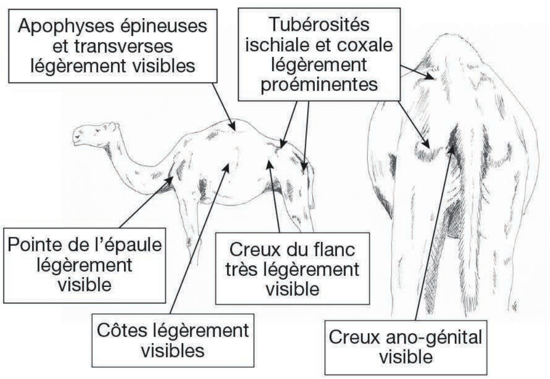
Note 1





Note 2





Encadré 13.1. Grille de notation de l'état corporel

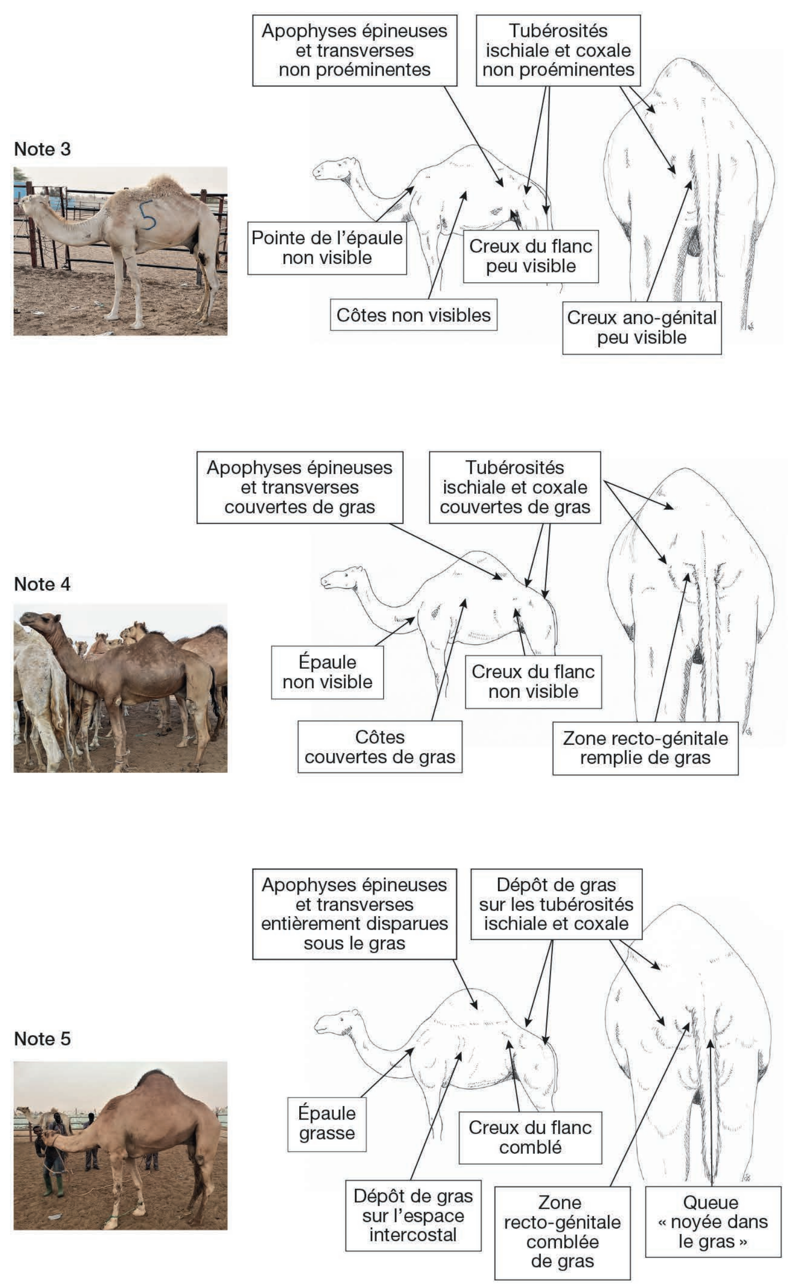


Figure 13.20. Grille de notation de l'état corporel du dromadaire (note 0 à 5)

Prélèvement de sang

Le prélèvement de sang sur l'animal debout se fera de préférence cou tendu tiré vers le bas pour faciliter une stase veineuse. Les membres antérieurs sont entravés. Sur des animaux plus nerveux, il est préférable de réaliser le prélèvement sur l'animal baraqué, la prise de sang étant plus aisée sur le cou replié contre le thorax (voir figure 13.9).

La zone de prélèvement sur la veine jugulaire est facilement repérable, surtout après une pression même légère exercée à la base du cou ou, de préférence, à mi-distance entre le thorax et la tête. Le point de prélèvement le plus aisé est situé à 15-20 cm de la mandibule. Cependant, chez le mâle, cette région anatomique est dotée d'une pilosité abondante et longue, qui peut rendre difficile la perception tactile de la veine jugulaire. Il faut donc préalablement raser ou couper la toison en excès. Une confusion de la veine jugulaire avec la partie distendue de la gorge chez l'animal en colère ou stressé n'est pas impossible. Il faut donc bien veiller à sentir le roulement de la veine sous les doigts avant de procéder à l'opération (figure 13.21A).

Le sang peut être prélevé en d'autres endroits, notamment sur la veine métacarpienne médiale (visible sur la face médiale du carpe), la veine métatarsienne dorsale (visible sur le bord cranio-latéral du métatarse entre les tendons extenseurs) ou la veine caudale, mais ces zones nécessitent de sévères contentions. Chez les femelles en lactation, il est en revanche aisé de prélever du sang sur la veine mammaire généralement bien apparente (figure 13.21B).

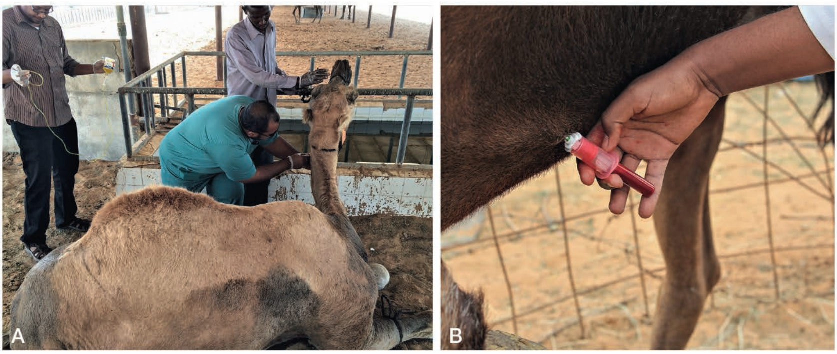


Figure 13.21. Prélèvement de sang. A. À la veine jugulaire sur l'animal en position baraquée; B. À la veine mammaire chez la chamelle

L'emploi de tubes Vacutainer© permet l'utilisation d'aiguilles plus fines, moins traumatisantes pour l'animal. De plus, chez le dromadaire, la résistance des hématies est en moyenne beaucoup plus élevée que chez les autres espèces, ce qui limite considérablement les risques d'hémolyse. En conséquence, il n'est pas forcément indispensable d'user de systèmes sophistiqués de prise de sang. Cependant, la réputation de rusticité du dromadaire ne doit pas occulter la nécessité de procéder aux règles classiques d'hygiène dans le prélèvement : désinfection de la peau avec de l'alcool, éventuellement après avoir coupé l'excédent de poils sur la zone d'intervention, utilisation d'une aiguille par animal ou bien désinfection avec de l'alcool entre chaque utilisation. Dans ce dernier cas, il faut savoir que la peau des dromadaires est très épaisse, parfois indurée par des pathologies cutanées fréquentes (par exemple la gale) et que les aiguilles s'émoussent rapidement.

Les dosages sont réalisés soit sur le sang total, soit sur le plasma, soit sur le sérum. En fonction des paramètres à étudier, on utilisera donc ou non un anti-coagulant (héparine, liquémine, fluorure/oxalate, EDTA). Le plasma des grands camélidés est très translucide à cause du faible taux de pigments caroténoïdes. Si les analyses doivent être différées, il est impératif d'assurer aux prélèvements une conservation dans les meilleures conditions possible. En particulier, les paramètres enzymatiques et hormonaux supportent mal une rupture de la chaîne du froid. D'un point de vue général, il n'y a pas de règles spécifiques de prélèvement sanguin et de stockage des prélèvements chez les camélidés. Les règles en question demeurent identiques à celles mises en œuvre chez les autres espèces d'intérêt zootechnique. Toutefois, l'écologie du dromadaire (zones arides et semi-arides d'accès parfois difficile) et son mode d'élevage extensif (nomadisme, transhumance) imposent des précautions supplémentaires pour assurer un stockage des prélèvements dans les meilleures conditions possible.

Autres types de prélèvements

La collecte d'urine est moins facile chez les animaux que celle du sang. La détermination des paramètres biochimiques d'intérêt clinique est donc beaucoup moins utilisée, en particulier chez le dromadaire, car la pertinence des résultats a besoin d'une collecte sur une période de 24 h. On peut collecter l'urine par prélèvement naturel ou en utilisant un cathéter urétral, bien que, chez la femelle, un diverticule de l'urètre rend sa cathéterisation difficile. Pour les urines de 24 h, il existe des techniques de collecte utilisant un sac plastique adapté à l'anatomie de la femelle (figure 13.22), mais elles ont surtout un intérêt dans des conditions expérimentales.



Figure 13.22. Dispositif de collecte des urines de 24 h chez une chamelle

La collecte d'urine est utilisée en cas de soupçon d'atteintes rénales ou de la vessie (bactériologie, analyses enzymatiques) ou d'urolithiase chez le mâle. La couleur normale de l'urine est transparente ou jaune pâle en fonction du degré d'hydratation. Le pH varie entre 6 et 9. La densité est de 1 022 à 1 070. L'urine normale est dépourvue de sang et de protéines. En revanche, la présence de sédiments d'oxalates de calcium (figure 13.23) ou de phosphates d'ammonium est normale. L'urine des camélidés déshydratés est très concentrée.

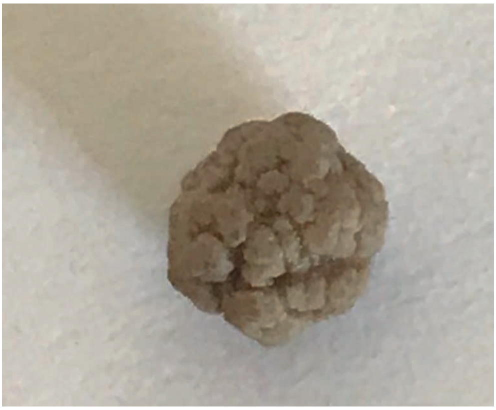


Figure 13.23. Calcul urinaire de dromadaire adulte (photo C. Magnan)

Les prélèvements de lait peuvent être utiles pour des analyses bactériologiques, plus rarement pour des dosages biochimiques (urée par exemple). Les prélèvements sont en général très aisés chez les chamelles habituées à la traite.

Les prélèvements de fèces sont mis en œuvre pour l'évaluation du parasitisme gastro-intestinal (coproscopie), et éventuellement pour des analyses bactériologiques. La collection fécale est facile. Elle peut être directement réalisée au niveau du rectum. L'humidité est particulièrement faible dans les excréments du dromadaire, donc la conservation est facile.

Les autres prélèvements possibles dans les organes internes (par biopsie), les ponctions de liquide cérébrospinal, la récupération de jus de rumen (par sondage oro-gastrique) sont peu usités et nécessitent une bonne technicité. Il est préférable de faire appel au vétérinaire pour ces pratiques.

Interprétation des analyses

Dans le cadre du présent ouvrage, on se limitera à quelques grandes lignes. Pour de plus amples détails, on peut se référer aux ouvrages consacrés à la biochimie clinique chez les grands camélidés (Faye et Bengoumi, 2018). Comme chez les autres espèces d'élevage, les investigations biochimiques, notamment sanguines, sont pratiques et pertinentes si (i) l'objet des analyses est clair et fondé sur un plan d'échantillonnage adéquat ; (ii) les facteurs physiologiques de variation sont pris en compte pour une interprétation pratique des résultats ; (iii) le protocole de prélèvement est respecté (par exemple prise de sang à jeun) ; (iv) l'interprétation est basée sur un ensemble d'animaux en raison de la variabilité entre les individus, et sur un ensemble de paramètres (par exemple le taux d'urée dans le sang doit être interprété en fonction du taux d'enzymes témoins de la souffrance rénale et de la glycémie) ; (v) la confusion entre la différence statistique et la signification biologique est évitée.

En ce qui concerne les spécificités des grands camélidés, les quelques éléments suivants peuvent être rappelés : (i) la prédominance des neutrophiles polynucléaires dans la formule leucocytaire ; (ii) le maintien de l'hématocrite en cas d'effort physique ; (iii) la résistance à l'osmolalité ; (iv) une hyperglycémie relative ; (v) une quasi-absence de corps cétoniques ; (vi) le faible taux de cholestérol plasmatique ; (vii) la susceptibilité à l'hyperurémie ; (viii) la thermorésistance des phosphatases alcalines ; (ix) le maintien des activités des

métalloenzymes telles que la glutathion-peroxydase ou la céruloplasmine en cas de carence minérale ; (x) le maintien de l'équilibre des électrolytes chez les animaux déshydratés, (xi) la faible concentration plasmatique de zinc chez le chameau complémenté ; (xii) la plus grande sensibilité à la toxicité du sélénium ; (xiii) la richesse du lait en vitamine C ; (xiv) la richesse de plasma en vitamine D ; (xv) le modèle saisonnier de testostérone ; (xvii) la diminution de la réactivité à l'insuline avec l'âge des chamelons à l'hyperglycémie induite.

On trouvera ci-dessous, un tableau récapitulatif donnant les normes biochimiques et hématologiques concernant les grands camélidés, tableau tiré de l'ouvrage cité ci-dessus (tableau 13.1).

Tableau 13.1. Valeurs usuelles de paramètres biochimiques et hématologiques camelins

Paramètres	Valeurs usuelles
Hématologie	
Globules rouges	6-10 × 10^6/mm^3
Hématocrite	25-30 %
Hémoglobine	9,3-15,5 g/dl
MCV	30-45 fl
MCH	12-18 pg
MCHC	40-50 g/dl
Globules blancs	10,5-15,5 × 10^3/mm^3
Lymphocytes	29-63 %
Neutrophiles	0-1 %
Éosinophiles	1,5-13,8 %
Monocytes	1-11,6 %
Basophiles	< 1 %
Plaquettes	230-360 × 10^3 /mm^3
Fibrinogène	200-400 mg/100 ml
Paramètres énergétiques	
Glucose	60-140 mg/100 ml
Corps cétoniques	0,001-0,01 mmol/l
Cholestérol	18-150 mg/100 ml
Triglycérides	10-80 mg/100 ml
Phospholipides	12-50 mg/100 ml
Paramètres azotés et protéiniques	
Urée	8-30 mg/100 ml
Acide urique	0,2-2 mg/100 ml
Créatinine	0,8-2 mg/100 ml
Protéines totales	6,3-8,3 g/100 ml
Albumine	25-45 g/l
Globulines	20-50 g/l

Paramètres	Valeurs usuelles
Macromineraux et électrolytes	
Sodium	140-180 mmol/l
Potassium	3,5-6,3 mmol/l
Chlore	106-123 mmol/l
Bicarbonates	22-30 mmol/l
Calcium	8,4-12,4 mg/100 ml
Phosphore	3,8-8,4 mg/100 ml
Magnésium	1,8-2,8 mg/100 ml
Éléments-traces	
Cuivre	70-120 µg/100 ml
Zinc	50-100 µg/100 ml
Fer	70-120 µg/100 ml
Manganèse	3-8 µg/100 ml
Sélénium	50-150 ng/ml
Cobalt	30-60 µg/100 ml
Iode	50-120 ng/ml
Fluor	4-6 µg/100 ml
Vitamines	
Vitamine A	20-50 µg/100 ml
Vitamine B1	35-60 µg/l
Vitamine B3	400-500 µg/100 ml
Vitamine B7	20-50 ng/100 ml
Vitamine B9	0.5-1 µg/100 ml
Vitamine B12	20-30 ng/100 ml
Vitamine C	0,3-0,6 mg/100 ml
Vitamine D	70-90 ng/100 ml
Vitamine E	50-400 µg/100 ml
Vitamine K	20-60 ng/100 ml

Paramètres	Valeurs usuelles
Paramètres azotés et protéiniques	
Bilirubine	0,5-8,6 mg/l
Haptoglobine	0,1-0,6 g/l
Fibrinogène	2,2-3,6 g/l
Enzymes	
ASAT	37-131 U/l
ALAT	6-25 U/l
ALP	32-110 U/l
LDH	337-2 620 U/l
GGT	8-28 U/l
CK	40-120 U/l
GLDH	0-97 U/l
Céruloplasmine	15-50 U/l
GSH-Px	15-36 U/l
SOD	1 400-1 800 U/l

Paramètres	Valeurs usuelles
Hormones	
Testostérone	2-35 ng/ml
Estradiol	9-110 pg/ml
Progestérone	1-9 ng/ml
Prolactine	1-10 ng/ml
Cortisol	3-30 ng/ml
Thyroxine (T4)	80-130 ng/ml
Triiodothyronine (T3)	0,5-1 ng/ml
Mélatonine	5-250 pg/ml
Insuline	100-230 pg/ml
Leptine	2,5-8 ng/ml
Calcitonine	70-180 pg/ml
PTH	1,9-2,1 ng/ml
Ostéocalcine	20-40 ng/ml
Aldostérone	2-5 ng/ml
Vasopressine	0,1-1 pg/ml

Maladies et affections

Faire une liste exhaustive de tous les problèmes sanitaires rencontrés chez les grands camélidés n'est envisageable que dans un ouvrage spécifiquement dévolu à ce sujet. Comme pour les analyses biochimiques et hématologiques, on se reportera à quelques ouvrages disponibles dans la littérature (Köhler-Rollefson *et al.*, 2001 ; Wernery et Kaaden, 2002 ; Wernery *et al.*, 2014), la plupart en anglais, plus rarement en français (Pacholek *et al.*, 1999). On se limitera donc aux problèmes sanitaires les plus fréquents donnant lieu à consultation vétérinaire.

Problèmes cutanés

Les grands camélidés paient un lourd tribut aux pathologies cutanées, très fréquentes dans cette espèce. La gale, essentiellement sarcoptique (due à un acarien dénommé *Sarcoptes scabiei*), est sans doute la maladie des camélidés la plus répandue au niveau mondial et relativement difficile à traiter. Quand elle survient dans un élevage où elle peut toucher 100 % des animaux, il est laborieux de s'en débarrasser car elle est très contagieuse et peut même se transmettre à l'homme. Les lésions de dépilation squameuse sur la tête, les jambes, le flanc et la région périanale sont caractéristiques. Dans les formes graves, une hyperkératose (épaississement de la peau) plus ou moins généralisée apparaît sur la surface du corps (figure 13.24).

Le diagnostic s'établit par l'identification microscopique après raclage cutané jusqu'à la rosée sanguine, (préparation avec une goutte d'huile minérale sous lame). L'observation × 40 s'avère suffisante ou par une biopsie cutanée (biopsie punch 8 mm au niveau des lésions sans nettoyage).



Figure 13.24. Gale sarcoptique chez un dromadaire adulte

Le traitement passe par une amélioration de l'hygiène de l'élevage si nécessaire, en évitant la surpopulation et l'entassement des animaux, en tenant les litières propres et en désinfectant le matériel. Les animaux doivent être contrôlés avant l'introduction dans l'élevage. Pour les traitements curatifs, les topiques fonctionnent bien sur les gales chorioptiques et psoroptiques, qui sont en surface du derme, mais sont peu efficaces sur la gale sarcoptique, qui est présente en profondeur dans le derme. On peut utiliser l'amitraze (250 mg dans 1 l d'eau en pulvérisation sur tout le corps) ou le lindane (solution à 0,5 % en pulvérisation) et le Fipronil spray. Il faut associer à ce traitement externe un traitement interne avec des injections d'Ivermectine répétées et une antibiothérapie en cas de surinfection (Ivermectine : 0,3 mg/kg en injection sous-cutanée [SC] deux fois à 15 j d'intervalle ; Moxidectine : 0,5 mg/kg SC). Une complémentation en vitamine A et zinc est conseillée. Il est très difficile de traiter en hiver à cause de la laine plus abondante, et les récidives sont fréquentes. Les animaux affaiblis par une pathologie sont plus sensibles.

Moins fréquent, le genre *Chorioptes*, notamment *Chorioptes bovis*, se trouve préférentiellement au niveau du pied et de la face interne des paturons. Parfois décrit sur la tête ou le périnée, ce parasite vit sur la peau.

La teigne est une maladie fungique c'est-à-dire due à un champignon (*Trichophytum Sp.*). Elle affecte essentiellement les jeunes animaux et, dans la plupart des cas, elle disparaît après 2-3 ans. Très contagieuse également, elle provoque des lésions caractéristiques de dépilations en « pièce de monnaie », couvertes d'une pellicule blanchâtre à grisâtre, très prurigineuses, ce qui altère la croissance des animaux atteints, qui passent beaucoup de temps à se gratter (figure 13.25). Il en existe plusieurs formes, plus ou moins sévères.

Le traitement est long et fastidieux, à base d'applications locales de pommade antifungique (Imareval®) et de produits iodés, ou par voie orale (dermogine®).

La maladie des abcès est également une pathologie très fréquente. Elle est due à des germes pathogènes peu spécifiques (*Corynebacterium pyogenes* ou *pseudotuberculosis*, *Staphylococcus aureus*) se localisant souvent sur les nœuds lymphatiques, qui gonflent et deviennent douloureux. Ils peuvent atteindre des volumes considérables (figure 13.26A) et se percer sur la peau, déversant des coulées de pus abondant.

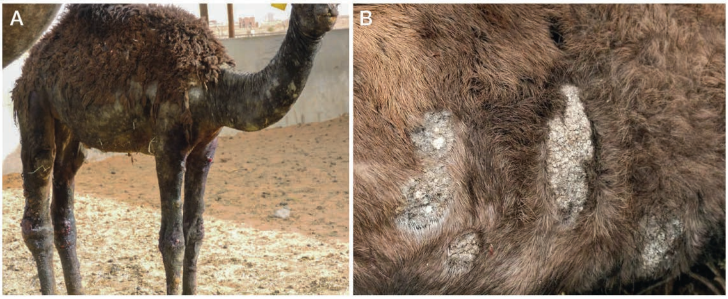


Figure 13.25. A. Jeune dromadaire atteint de teigne à *Trichophytum ;* B. Lésions caractéristiques de teigne avec dépilation en « pièce de monnaie » couvertes d'une croûte blanchâtre

Le traitement est également local : après ouverture (débridage) et curetage, on procède à une désinfection locale (produit iodé). Les abcès bien délimités et de grande taille peuvent être enlevés par voie chirurgicale (figure 13.26B).

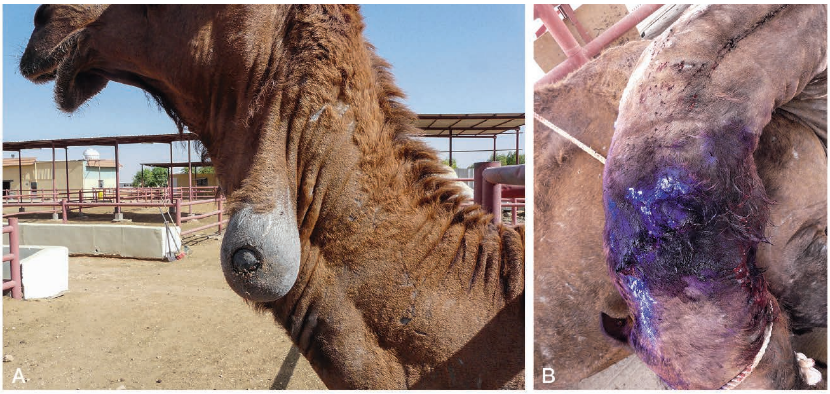


Figure 13.26. A. Abcès cutané chez un mâle adulte ; B. Le même animal après excision de l'abcès

Il existe bien d'autres maladies cutanées, notamment d'origine virale comme la variole cameline (due à camelpox virus) – pour laquelle il existe un vaccin –, l'ecthyma contagieux ou la papillomatose, dont le diagnostic différentiel n'est pas toujours facile (figure 13.27) et pour lesquels les traitements sont peu efficaces, mais ces maladies sont moins fréquentes.



Figure 13.27. Lésions buccales de variole cameline (A), ecthyma contagieux (B), et papillomatose (C) (photos A. Thevenot)

La lymphangite ulcérative peut affecter tous les types d'animaux. Cette maladie très débilitante est due à des germes banals tels que *Corynebacterium sp.* ou *Staphylococcus aureus*. Elle se traduit par des œdèmes déclives (au niveau des membres, puis des organes génitaux et de l'abdomen) suivis de lésions

ulcératives sanguinolentes (figure 13.28). Le traitement comprend des antibiotiques, des anti-inflammatoires, de la vitamine A pour régénérer la peau et un diurétique (furosemide®) pour résorber les œdèmes.



Figure 13.28. Lésions de lymphangite ulcérative chez un mâle adulte. A. Œdème des testicules ; B. Œdème du fourreau pénien ; C. Œdème de la partie distale des membres ; D. Lésions ulcératives sanguinolentes sur les membres postérieurs

Des cas de nécrose du coussinet sternal sont également observés, notamment chez des animaux baraquant sur des surfaces traumatisantes, très abrasives, provoquant des microtraumatismes qui s'infectent par la suite (figure 13.29).



Figure 13.29. Début de nécrose du coussinet sternal

Après curetage de l'abcès, il faut réaliser une sorte de harnais pour positionner un pansement coussin. En effet, les grands camélidés ne peuvent absolument pas rester debout, et la position sternale empêche la plaie de guérir, il faut donc protéger la zone. Un montage avec un pneu de brouette attaché en avant et en arrière de la bosse permet une suppression d'appui tout en laissant la plaie à l'air.

Parasites externes

Le principal problème dans la plupart des pays est l'infestation par les tiques. Il existe une tique spécifique des dromadaires (*Hyalomma dromedarii*), mais l'animal peut être parasité par d'autres espèces (figure 13.30A). Les tiques sont des acariens hématophages. Ils vont donc prélever du sang sur l'animal et peuvent transmettre ou faciliter l'apparition des maladies comme celles décrites ci-dessus. Les tiques sont le plus souvent présentes dans les zones les plus irriguées et les moins épaisses de la peau (mamelle chez la femelle ou fourreau du pénis chez le mâle, cloison nasale, ars, région ano-génitale) (figure 13.30B).



Figure 13.30. A. *Hyalomma dromedarii*, la tique du chameau ; B. Tiques sur le fourreau pénien d'un dromadaire mâle (photos N. Antoine-Moussiaux)

Le traitement est à base d'acaricide en pulvérisation (Amitraz®) ou en pour-on (Ectosul®). L'ivermectine (Ivomec®) a également une action bénéfique. La mesure préventive la plus efficace consiste à pulvériser régulièrement les animaux avec un acaricide naturel ou de synthèse (figure 13.31).



Figure 13.31. Traitement préventif contre les tiques par pulvérisation d'un acaricide de synthèse en Arabie saoudite

Dans certaines circonstances climatiques, certaines zones anatomiques des grands camélidés peuvent être très sensibles aux piqûres d'insectes, provoquant des réactions cutanées, des démangeaisons importantes et des conjonctivites. Un traitement répulsif (application locale de Dermistop®) suffit en règle générale. Un traitement à base de cortisone peut être appliqué dans les cas sévères. Dans les pays du Golfe, on place une moustiquaire sur les têtes des chameaux de course (figure 13.32).



Figure 13.32. Moustiquaire pour protéger la tête des chameaux de course contre les insectes piqueurs à Dubaï

Les zones sans laine sont très sensibles aux insectes : tête, membres, ventre. Les piqûres peuvent entraîner des réactions cutanées importantes, généralement accompagnées de fortes démangeaisons. On peut aussi observer un larmoiement et dans de rares cas des uvéites associées (figure 13.33).



Figure 13.33. Larmoiement chez un dromadaire dû à des insectes piqueurs

Les poux sont très difficiles à voir dans les squames de l'épiderme. Leur taille est d'environ 4 mm ; ils sont blancs ou marron. Ils sont spécifiques des camé-

lidés, sans hôte intermédiaire, et leur cycle de vie se déroule entièrement sur les camélidés. La transmission se fait par contact étroit entre les individus ou par le matériel (brosses, selles). Les poux sont de deux types :
– poux broyeurs. Localisation préférentielle : base de la queue et dos. Fortes démangeaisons ; ils provoquent un pelage clairsemé.
– poux piqueurs. Localisation préférentielle : tête, cou, flancs. Anémie légère possible.

Le traitement est à base d'ivermectine contre les poux piqueurs (0,2 mg/kg en SC) et de Sébacil®, Acadrex 60®, Butox pour-on® contre les poux broyeurs, en solutions externes.

Affections des yeux et des sinus

Les traumatismes oculaires, du fait de la hauteur de la tête chez les grands camélidés, sont en conséquence moins fréquents que chez les autres espèces laitières. De plus, la présence de la paupière nictitante limite les risques de microtraumatismes dus aux vents de sable. Cependant, suite à un choc ou à la présence d'un corps étranger, on peut observer des ulcérations de la cornée d'origine traumatique (figure 13.34). Le traitement est identique à celui des autres espèces, à savoir retrait du corps étranger ou parage de l'ulcère, atropine 1 % et pommade antibiotique locale. Chez les individus âgés, notamment les Bactrianes, il n'est pas rare d'observer des ulcères spontanés liés à une sècheresse oculaire provoquée par un défaut d'étanchéité de la ligne d'occlusion des paupières.

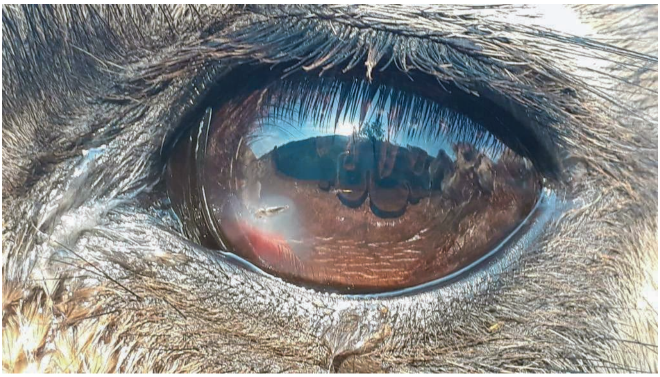


Figure 13.34. Présence d'un corps étranger dans la cornée (photo C. Lemeur)

On a décrit également des cas d'uvéites, traitables par collyre antibiotique, mais qui peuvent évoluer vers une cataracte. Les cataractes congénitales ne sont pas rares et peuvent atteindre un seul ou les deux yeux.

Les conjonctivites et les kérato-conjonctivites de causes diverses représentent souvent le symptôme d'une maladie infectieuse générale. Elles peuvent devenir purulentes (figure 13.35). À noter que la moxarellose, très fréquente chez les bovins, transmises par les mouches qui se collent sur les yeux, n'est pratiquement pas décrite chez les grands camélidés, dont les larmes sont riches en lactoferrine, protéines aux fortes propriétés antibactériennes. Le traitement s'appuie sur des collyres et des gels antibiotiques. Nécessitant d'intervenir sur la tête, les thérapies oculaires exigent une bonne contention de l'animal. La mise en place d'un cathéter sous palpébrale peut être une solution pratique pour des soins réguliers sur un animal peu commode. Un cathéter palpébral utilisé en médecine équine convient parfaitement.



Figure 13.35. Kérato-conjonctivite chez une chamelle avec début d'écoulement purulent (photo Cirad)

Dans certaines régions du monde, les grands camélidés sont fréquemment infestés par des larves d'une mouche (*Cephalopina titillator*) qui parasitent les sinus, où ils provoquent des irritations assez gênantes pour l'animal (figure 13.36A). Les principaux symptômes sont l'éternuement avec expulsion des larves (figure 13.36B) et la gêne respiratoire. Dans les cas sévères, ces larves peuvent provoquer des troubles nerveux rappelant la « maladie du tournis » chez les moutons atteints de cénurose.

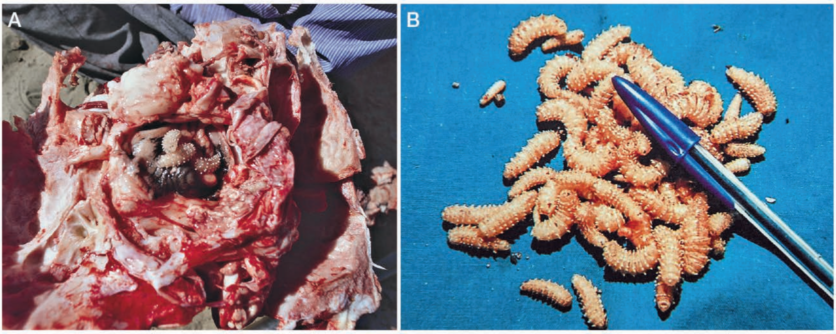


Figure 13.36. Larves de *Cephalopina titillator*. A. Dans les sinus d'un dromadaire au Turkménistan ; B. Expulsés après éternuement chez des dromadaires adultes

Un traitement à l'ivermectine (Ivomec®) est préconisé. Il existe également des traitements traditionnels à application locale à base de feuille de tabac.

Troubles de la locomotion

Relativement moins fréquents dans les pays d'origine des camélidés, les troubles de la locomotion apparaissent plus fréquents dans les pays d'Europe, où les camélidés ont été importés et où leur effectif réduit conduit à des problèmes de consanguinité, comme des défauts d'aplomb. Avec des aplombs corrects, le boulet se tient au-dessus des phalanges et ne touche pas le sol. À chaque pas, il amortit le mouvement grâce aux tendons qui le soutiennent (figure 13.37A). Dans le cas d'hyperlaxité des tendons, le boulet s'effondre au sol (figure 13.37B). Ceci a pour conséquence un défaut d'alignement des phalanges, les ongles sont relevés et ne s'usent plus. L'animal marche sur ses boulets. Il en résulte de grandes difficultés de locomotion avec un animal qui souffre et ne peut pas travailler.



Figure 13.37. A. Aplombs corrects chez un dromadaire ; B. Aplombs incorrects chez un jeune dromadaire (photo C. Magnan)

Sur des animaux qui ne se déplacent pas suffisamment (par exemple dans des systèmes hors-sol), les ongles ont tendance à pousser de façon anarchique, pouvant entraîner une déviation des doigts, ou une inclusion de l'ongle dans la sole (figure 13.38). Il est alors nécessaire de couper les ongles trop longs pour éviter une boiterie, un abcès de la sole, voire de l'arthrose.



Figure 13.38. Déviation des onglons par défaut d'usure chez un dromadaire

Le pied des camélidés étant dépourvu de sabots, les traumatismes de la sole ne sont pas rares, notamment sur les trajets caillouteux, même si la sole est protégée par une peau épaisse, largement kératinisée. Dans les pays plus humides où les grands camélidés sont nouvellement implantés, la sole peut être plus ramollie et donc plus fragile que dans les milieux secs.

La carence ou la toxicité au sélénium (sélénose) peut provoquer également une érosion de la sole avec nécrose (figure 13.39).

Avec des sols humides et froids, on peut renforcer le pied des camélidés avec des solutions asséchantes et tannantes (Solipat©, Winter pad pommade).

Les fractures sont peu fréquentes en élevage laitier. Chez le mâle en revanche, les fractures de la mâchoire sont fréquemment décrites après des combats entre animaux en rut. C'est la raison pour laquelle il faut éviter la cohabitation de plusieurs mâles dans le même enclos. Une intervention chirurgicale avec pose de broche dans la mâchoire s'impose en général.



Figure 13.39. Nécrose de la sole chez un dromadaire atteint de sélénose aux Émirats arabes unis (photo R. Seboussi)

De rare cas de fourbure ont été décrits chez les animaux obèses (ration hyperprotéique). On observe de grandes difficultés à tenir debout, un effondrement des phalanges. Une diète et un traitement anti-inflammatoire permettent un retour à la normale si le cas n'est pas trop sévère.

Bien que cela ne relève pas de la locomotion, on peut rappeler ici le problème des torticolis idiopathiques ou traumatiques. L'anatomie des grands camélidés se caractérise par un long cou qui, lors de contractions indésirables, se tord fortement, entraînant une violente douleur et parfois l'impossibilité de se nourrir et de s'abreuver (figure 13.40).

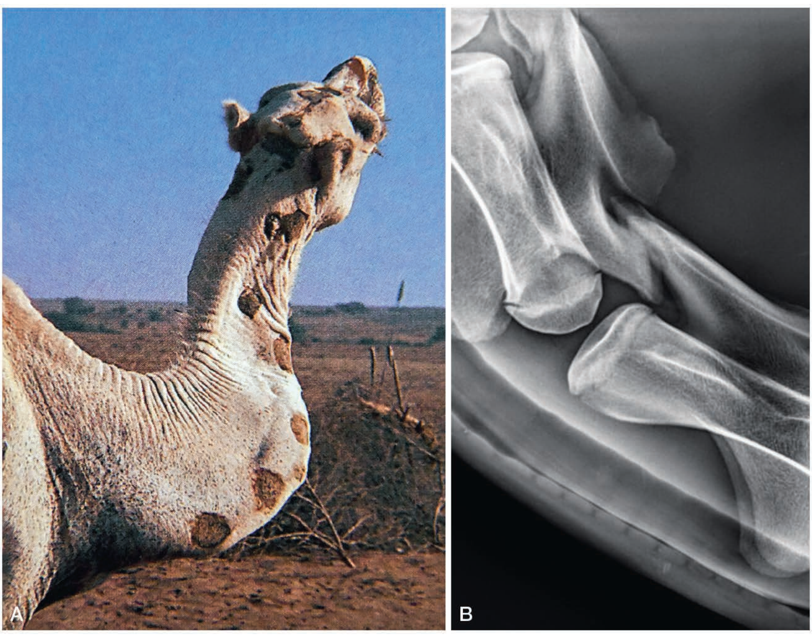


Figure 13.40. A. Torticolis chez un dromadaire adulte (photo M. Dioli) ; B. Luxation traumatique sur les vertèbres cervicales chez un dromadaire (photo C. Magnan)

La cause est inconnue et il n'y a pas de prévention possible. Le traitement comprend une injection d'un anti-inflammatoire (dexaméthasone®) et d'un cocktail de vitamines du groupe B (par exemple Corebral®).

Globalement, les camélidés peuvent être affectés par des boiteries d'origine diverses (arthrites, entorses, tendinites, arthrose) souvent traitables avec des anti-inflammatoires (Dexamethasone®, ketoprofen® ou phenylbutazone®).

Dans le tableau 13.2 sont rappelés les différents médicaments anti-inflammatoires disponibles pour les grands camélidés.

Tableau 13.2. Posologie des médicaments anti-inflammatoires utilisés en médecine cameline

Anti-inflammatoires pour traitement aigu		
Nom	**Dosage**	**Remarque**
Dexaméthasone	0,5 mg/kg IV	
DMSO	100 ml dans 1 l NaCl IV	Mieux toléré que chez le cheval
Flunixin de meglunine	2,2 mg/kg IV	
Kétoprofène	2 mg/kg IV ou IM	
Phénylbutazone	6,5 mg/kg IV lente ou IM	4 sachets d'equipalazone/ jour
Anti-inflammatoires pour traitement chronique		
Nom	**Dosage**	**Remarque**
Harpagophytum	50 à 100 g *per os*	Généralement associé à de la prêle des prés
Prévicox	1 comprimé (57 mg) pour 500 kg *per os*	En cure ou à vie. Premiers résultats après 8 à 10 jours

La trypanosomose

Parmi les troubles systémiques, le parasitisme interne apparaît très fréquent chez les grands camélidés. On en distingue deux grands types : les parasitoses sanguines, en particulier la trypanosomose, et les parasitoses vermineuses dues à des vers gastro-intestinaux (voir section « Troubles digestifs »).

La trypanosomose (*surra*) est l'une des plaies majeures de l'élevage camelin au niveau mondial. La maladie est due à un hémoparasite (*Trypanosoma evansi*) transmis par des mouches piqueuses telles que les stomoxes (figure 13.41).

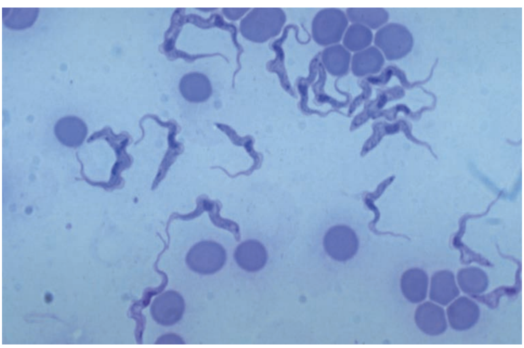


Figure 13.41. Trypanosomes dans le sang d'un dromadaire contaminé (photo Cirad)

La maladie provoque surtout un abattement, un amaigrissement et des avortements chez les gestantes. C'est une maladie très débilitante, dont les formes aiguës sont mortelles. Le traitement le plus efficace est l'injection de Melarsomine (Cymelarsan®). À noter que, si cette maladie n'est pas présente normalement en Europe continentale, elle a pu être importée avec des animaux en provenance des îles Canaries (Desquesnes *et al.*, 2007).

Troubles digestifs

La coccidiose est souvent décrite chez les jeunes animaux, plus particulièrement dans les élevages en stabulation. Elle est due notamment à une variété spécifique (*Eimeiria camelii*), qui provoque de sévère diarrhée. Toutefois, beaucoup d'animaux sont asymptomatiques. Le traitement est à base d'anticoccidiens (par exemple SoluCox©).

Le chameau de Bactriane (et surtout les petits camélidés) est également sensible à la cryptosporidiose, qui provoque également des diarrhées pouvant conduire à la mort. L'animal atteint doit être isolé rapidement et être soumis à un traitement symptomatique.

Un autre trouble est causé par les vers digestifs. Les camélidés sont très sensibles aux parasites intestinaux et, dans leur milieu naturel, la charge parasitaire est très importante. Une infestation parasitaire entraîne rapidement une perte de poids, une diarrhée et une apathie pouvant conduire à la mort de l'animal en cas d'infestation massive. La parasitose la plus fréquente est l'haemonchose due également à une variété spécifique aux camélidés (*Haemonchus longistipes*), un ver rond qui se loge dans l'intestin (figure 13.42). Il est recommandé de pratiquer régulièrement des coproscopies afin de mettre en place une prophylaxie pertinente.

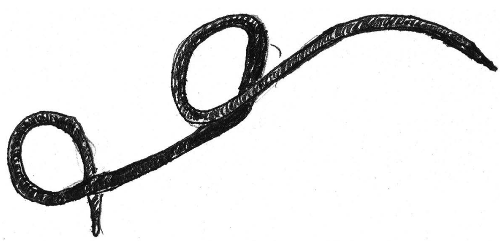


Figure 13.42. Ver rond *Haemonchus longistipes*, spécifique aux camélidés

Il existe aussi des vers plats tels que ténia, *monezia*, echinococcose ou *dicrocaelium*, mais leur fréquence est moindre, sauf localement. De nombreuses molécules antiparasitaires du commerce sont utilisables (tableau 13.3). La rotation des molécules au cours des traitements préventifs tous les 4 ou 6 mois permet de limiter les résistances des parasites. Vermifuger un camélidé n'est pas toujours simple, c'est pourquoi il est recommandé de les habituer dans le calme et dès le plus jeune âge avec des seringues de miel.

Sont présentées dans le tableau 13.3 les molécules les plus accessibles en Europe avec la posologie le plus souvent retrouvée dans les différentes études. Une coproscopie permet une appréciation qualitative et quantitative. Toutefois, il faut garder à l'esprit que l'excrétion parasitaire dans les fèces n'est pas régulière. On peut donc avoir des faux négatifs. En troupeau, il faut traiter l'ensemble des animaux et non un seul. Il convient également de traiter régulièrement les autres espèces (petits ruminants, bovins, équidés, petits camélidés) qui cohabitent éventuellement avec les camélidés.

Tableau 13.3. Posologie des principales molécules antiparasitaires utilisables chez les grands camélidés (PO = *per os* – par voie orale)

Molécules	Espèce	Doses	Cibles
Albendazole	Bactriane	5-7,5 mg/kg PO	*Dicrocoelium,* Nématodes,
	Dromadaire	7-10 mg/kg PO	Pas d'action sur trichures
		20 mg/kg	Ténia, *Moneizia*
Fenbendazole	Bactriane	5-7 mg/kg PO pendant 1 à 3 j	Nématodes. Efficace contre forme larvaire 50 % trichures
	Dromadaire	5-7,5 mg/kg PO	
Ivermectine	Bactriane	0,2 mg/kg PO, 2 mg/kg SC	Nématodes ++strongles Trichures, ectoparasites
	Dromadaire	0,2 mg/kg PO, 2 mg/kg SC, 5 mg/kg pour-on	Nématodes Ectoparasites Attention : ne pas dépasser 10 mg/kg chez le jeune (dose létale)
Levamisole	Bactriane	7,5 mg/kg PO	Trichures, Nématodes
	Dromadaire	7,5 mg/kg PO	
Moxidectine	Bactriane	0,4 mg/kg PO	Nématodes
	Dromadaire	0,2 mg/kg SC	Nématodes, sarcoptes, ectoparasites
Praziquantel	Bactriane et dromadaire	25 mg/kg PO	Ténia
Pyrantel	Bactriane et dromadaire	25 mg/kg PO	Nématodes

L'un des principaux problèmes sanitaires en élevage camelin est la diarrhée des jeunes, dont les causes sont variables (bactériennes, virales, parasitaires, toxiques). C'est la principale cause de mortalité des chamelons. Chez l'adulte, les diarrhées peuvent être aussi associées à des erreurs alimentaires ou à un stress important. Plusieurs maladies spécifiques peuvent se traduire par des entérites d'origine bactérienne (entérotoxémie, salmonellose, paratuberculose, colibacillose) ou virale (rotavirus, coronavirus). Il est important de bien identifier l'origine de la diarrhée, connaître la ration, le protocole de vaccination (clostridium) et de vermifuges de l'animal. Une analyse macroscopique et bactériologique des selles est très utile (couleur, odeur, présence de mucus ou de sang). Les traitements associent :
– réhydratants (surtout chez le chamelon) ;
– produits anti-acidose : bicarbonate de sodium en solution de 5 % à raison de 5 l/adulte en IV, efficace dans les premiers stades d'endo-toxémie ;
– solution de 1,3 % dans du NaCl avec dextrose jusqu'à 60 l/24 h ou 500 g *per os* ;
– antibiotiques à large spectre ;
– antispasmodiques.

Fréquent motif de consultation, les diarrhées sont le signe d'un dérèglement de la flore intestinale et d'une inflammation qui peuvent conduire rapidement à la mort de l'animal. Leur origine peut être diverse ; le parasitisme, les infections et les erreurs alimentaires. Les erreurs alimentaires sont généralement un apport trop important d'azote ou de protéines. Il faut toujours vérifier la ration de l'animal lors d'une diarrhée.

Les cas de constipation sont plus rares, mais des occlusions vermineuses sont possibles, voire chez les chamelons élevés en cohorte dans des enclos trop étroits, des obstructions intestinales par des agrégats de poils (pilobezoards) dues à un léchage intempestif des congénères. La constipation se reconnaît à des symptômes de coliques, à l'absence d'excrétion fécale et au gonflement abdominal. Un traitement à base de produits antispasmodique (Flunixin© par exemple) et d'huile de paraffine peut être préconisé.

Certaines intoxications, notamment par les plantes, peuvent aussi être à l'origine de troubles digestifs. Ces cas sont à redouter quand les animaux changent de milieu et sont alimentés au pâturage. Les intoxications les plus fréquentes sont liées, dans les milieux méditerranéens, à la consommation de laurier-rose, rhododendron, sorgho commun et buis. Par exemple, l'ingestion de rhododendron, plante d'ornement que l'on retrouve dans les jardins, provoque des signes apparaissant dans l'heure qui suit, l'animal commence à baver, se couche, se tape le ventre, parfois il régurgite, refuse de s'alimenter et reste prostré. Il faut lui administrer des antispasmodiques (Spamizole®, Calmagine®) en intramusculaire ou intraveineux. Une perfusion de ringer/lactate permet de soutenir les fonctions rénale et hépatique. La guérison prend quelques jours. L'ingestion de sorgho commun (*sorghum bicolor*), plante cultivée pour le grain ou comme fourrage, est chargée en cyanide lors de sa croissance (comme le millet). Une fois coupé et séché, ce composant disparaît et la plante peut être ingérée. Si les animaux la consomment fraîche, elle est toxique. Ils présentent rapidement des coliques sévères avec un gonflement abdominal, une détresse respiratoire et meurent. Le traitement est symptomatique. Il s'agit de sonder l'animal pour lui rincer l'estomac C1, puis on ajoute de l'huile de paraffine et du charbon activé avec 25 g de carbonate d'ammonium. Si la météorisation est très importante, il est possible de trocarder le rumen. Toutefois ce geste est beaucoup moins bien toléré que chez les bovins.

D'autres cas de météorisation sont également décrits. Dû à l'accumulation de gaz dans les estomacs, suite à une alimentation trop riche en certains types de fourrages (par exemple le trèfle), ce trouble digestif nécessite une intervention urgente par trocardisation de la paroi stomacale (figure 13.43).



Figure 13.43. Cas de météorisation aiguë chez un dromadaire âgé de 4 ans ayant reçu une ration à base de trèfle

Troubles respiratoires

Comme les troubles digestifs, les troubles respiratoires sont le plus souvent d'origine multifactorielle. À l'examen clinique normal, le mouvement respiratoire est très discret chez les grands camélidés, un petit jetage séreux est fréquemment observé. À l'auscultation, les mouvements d'air ne sont pas audibles. Sur un animal malade, les symptômes les plus fréquemment observés sont la toux, le jetage nasal (figure 13.44), le tirage costal plus ou moins marqué suivant l'intensité de la détresse respiratoire. À l'auscultation, on peut entendre des murmures bronchiques, des sifflements. Le diagnostic différentiel n'est pas toujours facile : emphysème, pneumonie ou bronchopneumonie infectieuse, œdème pulmonaire, pleurésie ou kystes hydatiques.



Figure 13.44. Décharge nasale muco-purulente (jetage) chez des chamelles atteintes de troubles respiratoires (photo Cirad et M. Dioli)

Des examens complémentaires sont souvent nécessaires pour adapter un traitement. Un écouvillonnage nasal lors de jetage pourra permettre d'isoler un germe pathogène, une échographie pulmonaire mettra en évidence une pleurésie, des abcès. Pour les cas complexes un lavage transtrachéal permettra d'identifier un emphysème ou un agent pathogène infectieux ou fongique.

Le lavage transtrachéal se réalise sous sédation et anesthésie locale. Sur un animal calme et éduqué, une anesthésie locale suffit. Une petite incision est pratiquée entre deux anneaux trachéaux en région haute, une canule de prélèvement stérile est introduite dans la trachée. Un rinçage avec 40 ml de lidocaïne est réalisé avant recueil du liquide de rinçage au niveau de l'inflexion basse de l'encolure. Cette technique simple permet de cibler la cause de la maladie et d'appliquer un traitement pertinent, antibiotique ou non.

Parmi les maladies spécifiques provoquant une détresse respiratoire, on peut citer la pasteurellose, mais, dans la plupart des cas, les causes sont liées à des germes banals de l'environnement.

Pathologies de la reproduction

On se reportera au chapitre 9, section « Assistance à la parturition » sur les aspects concernant les dystocies.

L'un des problèmes majeurs post-parturition est le prolapsus utérin. Il s'agit de l'extériorisation de l'utérus (figure 13.45). Sa survenue nécessite une

intervention rapide qui consiste à nettoyer l'organe et à le refaire rentrer, puis après réduction, mettre des oblets antibiotiques et suturer la vulve pendant une dizaine de jours. Une sédation, voire une anesthésie épidurale, est conseillée. Pour faciliter la remise en place de la matrice, il est préférable de tirer les postérieurs vers l'arrière (en position de grenouille) afin d'induire une bascule du bassin. Si le prolapsus est accompagné d'une rupture de la paroi utérine avec extériorisation des anses intestinales, cela entraîne la mort dans la quasi-totalité des cas.



Figure 13.45. Prolapsus utérin post-parturition chez une chamelle

Il existe bien d'autres pathologies aussi bien chez la femelle (vaginite, métrite, pyomètre, kystes ovariens…) que chez le mâle (phimosis, orchite, balanoposthite, traumatisme testiculaire…).

Chez ce dernier, le problème le plus récurrent est l'urolithiase, c'est-à-dire la présence de calculs urinaires. La maladie se traduit par des signes d'inconfort abdominal, d'anorexie et d'abattement. À un stade avancé, cela peut conduire à une rupture de la vessie, qui entraîne généralement la mort. Le traitement consiste à passer un cathéter dans l'urètre (difficile à cause de la flexure sigmoïde du pénis) ou de passer par la voie chirurgicale. Une urétrostomie est pratiquée juste en regard de la courbure de l'ischium afin de placer une sonde directement dans la vessie. Idéalement l'urétrostomie doit être temporaire, le temps de lever l'obstruction, dans les cas où cela ne s'avère pas possible, elle peut devenir permanente avec un risque de striction de l'urètre post-chirurgical. La prévention s'appuie sur une alimentation équilibrée et un abreuvement abondant.

Les mammites (voir chapitre 10, section « Hygiène de la traite ») sont le principal problème en élevage laitier (figure 13.46). Les causes sont multifactorielles. On distingue les mammites cliniques (visibles par les symptômes de rougeur, chaleur et douleur de la mamelle) des mammites subcliniques détectables avec le test CMT par exemple (voir encadré 10.1). Ces dernières sont associées généralement à des germes pathogènes mineurs. Les formes graves (par exemple les mammites colibacillaires) s'accompagnent de signes généraux (fièvre, abattement, chute de production) et d'une modification du lait (grumeaux, sang, voire pus).

Les formes suraiguës telles que les mammites gangréneuses peuvent conduire à la mort. Le traitement est soit local (injection d'antibiotique dans les canaux du trayon, le canal du trayon n'étant pas unique, contrairement aux bovins), soit

général (antibiotique en IV ou IM). Après la mise bas, les œdèmes mammaires ne sont pas rares. Ils se résorbent après administration d'un diurétique et un traitement anti-inflammatoire. Toutefois, la fréquence des mammites s'avère moins importante chez les chamelles laitières comparées au troupeau de vaches laitières.



Figure 13.46. Cas de mammite clinique sur un quartier chez une chamelle laitière, marquée par un renflement du trayon

Les traumatismes de la mamelle ne sont pas rares également. Ils peuvent conduire à des déchirures profondes touchant le canal du trayon. Seule une intervention chirurgicale est conseillée (figure 13.47). Une mauvaise utilisation de la machine à traire (surtraite notamment) peut aussi provoquer des lésions (éversions), qui sont autant des portes d'entrée pour des germes pathogènes provoquant des mammites.



Figure 13.47. Déchirure du canal du trayon chez une chamelle lactante. A. Suture du canal du trayon ; B. Réparation finalisée (photo G. Konuspayeva)

Les avortements ont également des causes multiples : infection, traumatisme, stress, intoxication, parasitisme. Ils peuvent survenir à n'importe quel moment de la gestation (figure 13.48). Si une cause infectieuse est suspectée (brucellose, fièvre de la vallée du Rift, salmonellose, fièvre Q, chlamydiose), il importe de porter un diagnostic sérologique et éventuellement de vacciner le troupeau.



Figure 13.48. Avorton de dromadaire d'environ 6 mois (photo O. Philipponneau)

Les grandes maladies infectieuses

Les grands camélidés peuvent être touchés par la plupart des maladies infectieuses animales, qu'elles soient bactériennes (charbon, botulisme, leptospirose, paratuberculose, brucellose, tuberculose, tétanos, listériose), virales (rage, variole, Blue Tongue, fièvre de la vallée du Rift) ou parasitaires (toxoplasmose, strongylose, onchocercose), pour n'en citer que quelques-unes. On se reportera aux ouvrages cités plus haut pour de plus amples informations. L'Office international des épizooties (OIE), à Paris, a établi à travers son groupe *ad hoc* sur les maladies des camélidés une liste exhaustive de ces maladies, des techniques diagnostiques et des méthodes thérapeutiques ou préventives à mettre en œuvre, liste qui a permis la publication de l'ouvrage de Wernery *et al.*, 2014. Dans tous les cas, le diagnostic de ces maladies nécessite l'intervention des vétérinaires praticiens et des services vétérinaires d'État, certaines de ces maladies ayant, en tant que zoonoses, des implications importantes en termes de santé publique.

Un dernier point concernant la gestion de la santé dans un élevage de chamelles laitières est le fait que la plupart des pathologies listées ci-dessus relèvent d'une situation sanitaire surtout rencontrée dans les élevages du Sud. Le développement de l'élevage camelin en Europe pose un véritable défi pour les vétérinaires praticiens et ceux de l'administration, car la pathologie cameline dans un contexte climatique tempéré, un contexte social particulier (faible mobilité des troupeaux notamment) et surtout un contexte alimentaire complètement différent risque de prendre des formes peu étudiées, voire jamais observées, notamment sur le plan métabolique.

Autopsie

L'autopsie des chameaux morts de maladie est rarement pratiquée dans les faits. La raison principale en est sans doute la taille de l'animal, qui nécessite une trousse d'autopsie adaptée et le manque d'expérience de la plupart

des vétérinaires et des éleveurs en la matière. Pourtant, une autopsie réalisée dans les règles de l'art pourrait apporter de précieuses informations sur les causes du décès de l'animal quand aucun diagnostic n'a pu être apporté, d'autant que, comme cela a été dit plus haut, la symptomatologie est souvent frustre. Il n'est pas rare en effet de voir un dromadaire ou un Bactriane, abattu, anorexique, puis de le retrouver mort quelques heures après sans qu'aucun signe caractéristique n'ait pu être décelé.

Pour une information complète sur la technique d'autopsie et les modalités d'examen post-mortem, on se reportera avec intérêt à l'ouvrage de Stimmelmayr *et al.* (1992). L'autopsie consiste à extraire l'ensemble des organes après ouverture abdominale et thoracique, voire d'autres régions anatomiques (boîte crânienne et bouche notamment) et d'inspecter ces organes afin d'en déceler les anomalies susceptibles d'aider au diagnostic. L'analyse nécropsique visuelle peut se compléter de prélèvements pour des analyses de laboratoire (microbiologie, histologie notamment). Pour plus d'information sur l'anatomie des organes et l'histologie normale des principaux tissus et organes, on pourra également se reporter sur l'ouvrage de Jarrar et Faye (2012).

La procédure classique pour une autopsie d'un grand camélidé est la suivante :
– placer l'animal mort sur le côté gauche ;
– inciser la peau ventralement entre le coussinet sternal jusqu'à la mamelle ou le fourreau pénien selon les sexes (figure 13.49A) ;
– inciser les liens cutanés et conjonctifs entre le thorax et l'épaule afin de dégager le thorax ;
– inciser entre la mâchoire inférieure et la base du cou pour accéder à la partie cervicale ;
– inciser l'abdomen en prenant soin de ne pas couper les intestins et les estomacs (figure 13.49B) ;
– couper les côtes près des vertèbres et du sternum et lever le volet costal ;
– éviscérer le complexe poumons-cœur en totalité ;
– éviscérer le tractus gastro-intestinal, le foie et la rate en totalité ;
– retirer les reins ; le tractus génital et les glandes surrénales ;
– inciser les articulations et les ouvrir ;
– désarticuler l'articulation atlanto-occipitale, ouvrir la boîte crânienne et extraire le cerveau.

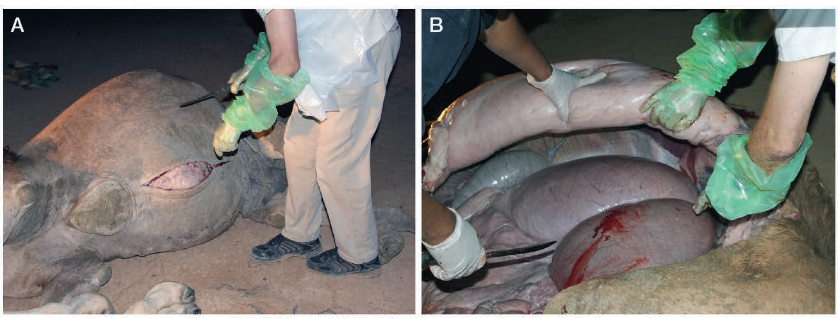


Figure 13.49. A. Incision ventrale de l'abdomen au cours d'une autopsie d'une chamelle ; B. Incision de l'abdomen pour extraire les organes abdominaux (photos G. Konuspayeva)

On trouvera ci-après (tableau 13.4), la liste des points à examiner dans le cadre d'une autopsie.

Tableau 13.4. Liste des paramètres et des critères à relever au cours d'une autopsie complète

Élément	Paramètre	Critères
Animal entier	État d'engraissement	Obèse, maigre, cachectique
Squelette	Os	Anomalies, fractures
Peau et membranes	Couleur État des phanères	Anomalies de couleur Présence de dépilation
Muscles et gras	Couleur Consistance	Décoloration Maigre, déliquescent
Organes internes	Couleur Poids Forme Consistance Topographie Liens conjonctifs Corps étrangers Odeur Liquide dans l'abdomen	Décoloration, congestion (figure 13.50A et B) Densité Déformation Induré, nécrosé, déliquescent (figure 13.50C) Disposition des organes Adhérences Présence de corps étranger Anormale, désagréable Présence de liquide (figure 13.50D)
Changement structurel	Lésions Profondeur Distribution Taille Forme Quantité Consistance Texture Odeur et couleur	Abcès, ulcère, tumeur, hémorragie, kystes Superficiel/profond Localisé/généralisé Faible/abondant Ferme/souple/liquide Abondance des lésions Lisse/rugueux Anormales
Parasites	Type Abondance Localisation Statut du parasite	Tiques, vers, kystes hydatiques Nombreux/envahissants Emplacement erratique Vivants/morts

Toute autopsie doit donner lieu à un rapport incluant au moins les points suivants :

– date et lieu de la mort ;
– type d'animal (race, âge, sexe) ;
– conditions générales (présence de lésions extérieures visibles notamment) ;
– commémoratifs (symptômes, traitement reçu) ;
– inspection des organes internes, des ganglions lymphatiques, du squelette, des muscles, du cerveau ;
– diagnostic ;
– recommandations si besoin.



Figure 13.50. A. Congestion des reins ; B. Décoloration du cœur (carence en sélénium). ; C. Nécrose du foie ; D. Liquide abondant à l'ouverture abdominale (ascite)

IV. Gestion économique d'un élevage de chamelles laitières

L'élevage des grands camélidés pour la production laitière vise une rentabilité suffisante. Pourtant, il est confronté aux limites biologiques de l'animal, dont le cycle productif est lent, la survie des jeunes parfois problématique et la productivité faible, même si cela est compensé en partie par sa longévité et la bonne valorisation économique de ses produits, le lait en particulier. Il convient donc de vérifier le potentiel économique d'un tel élevage. On abordera donc dans cette partie quelques éléments concernant sa gestion économique, à commencer par : (i) l'identification des animaux, critère indispensable pour assurer un suivi individualisé ; (ii) la modélisation démographique en fonction des performances techniques ; et (iii) la modélisation économique.

14. Identification des animaux

Dans la plupart des pays d'élevage des grands camélidés, il n'existe pas de système standardisé d'identification des animaux, ce qui pose d'emblée le problème de leur recensement exhaustif. Pour le moins, il est conseillé d'identifier clairement tous les dromadaires et Bactrianes d'un élevage, tout particulièrement laitier. Cela permet de disposer d'un moyen de suivi des performances, de mettre en place un système de sélection par l'enregistrement des filiations et éventuellement d'alimenter une base de données des performances du cheptel.

Les types d'identification

Trois types d'identification sont proposés :
– les boucles auriculaires, probablement la méthode la plus courante, bien qu'elle ne soit pas la plus pertinente. Les oreilles des grands camélidés sont petites et il est mal aisé de placer la boucle de façon convenable, les pertes et les déchirures d'oreille fréquentes, les risques d'infection non négligeables (figure14.1) Cependant, l'équipement est limité à une pince perforatrice et donc peu coûteuse. En revanche, la lecture peut être laborieuse, les chiffres pouvant être difficiles à lire à distance, et cela requiert souvent l'immobilisation de la tête, donc un stress pour l'animal. Enfin, les chiffres disparaissent souvent au cours du temps et nécessitent régulièrement d'être réécrit. Il s'agit donc d'une technique peu coûteuse, mais peu performante ;



Figure 14.1. Pose d'une boucle auriculaire dans un élevage de chamelles laitières (Mauritanie)

– les implants sous-cutanés (puces électroniques), pratique courante au Moyen-Orient. La méthode consiste à placer un implant électronique sous-cutané lisible par un lecteur adéquat (http://www.cliniqueveterinaire-adk.be/la-puce-electronique/). En général l'implant est placé à la base du cou ou, à défaut, de l'épaule et il peut être lu à une distance de quelques dizaines de centimètres, ne nécessitant donc pas la contention de l'animal. Son inconvénient est qu'il peut migrer sous la peau et donc être plus difficile à localiser. Il peut provoquer localement des irritations. L'équipement comprend une seringue à injection de puces électroniques et un lecteur ;

– les bolus électroniques, méthode la plus pertinente en termes d'efficacité et de durabilité. Elle nécessite une implantation par sonde œsophagienne afin de placer le bolus dans le rumen (compartiment C1) où il restera toute la vie de l'animal. La lecture se fait avec une tige reliée à un lecteur, ce qui permet de rester à distance de l'animal à identifier (figure 14.2). Cependant le dispositif est assez onéreux.



Figure 14.2. Bolus électronique pour identification des grands camélidés. A. dispositif Datamars© ; B. Implantation du bolus avec une sonde œsophagienne ; C. Lecture avec une tige reliée au lecteur électronique ; D. Appareil de lecture

Pour plus de détails, on pourra se référer utilement à l'article de Caja *et al.* (2016).

Implantation d'une base de données de la ferme

L'identification des animaux est la clef pour implanter une base de données de la ferme laitière. L'objectif d'une base de données est de permettre de suivre l'évolution des performances, des productions et des évolutions démographiques. Il n'y a pas de modèle type de bases de données. La construction de la base peut

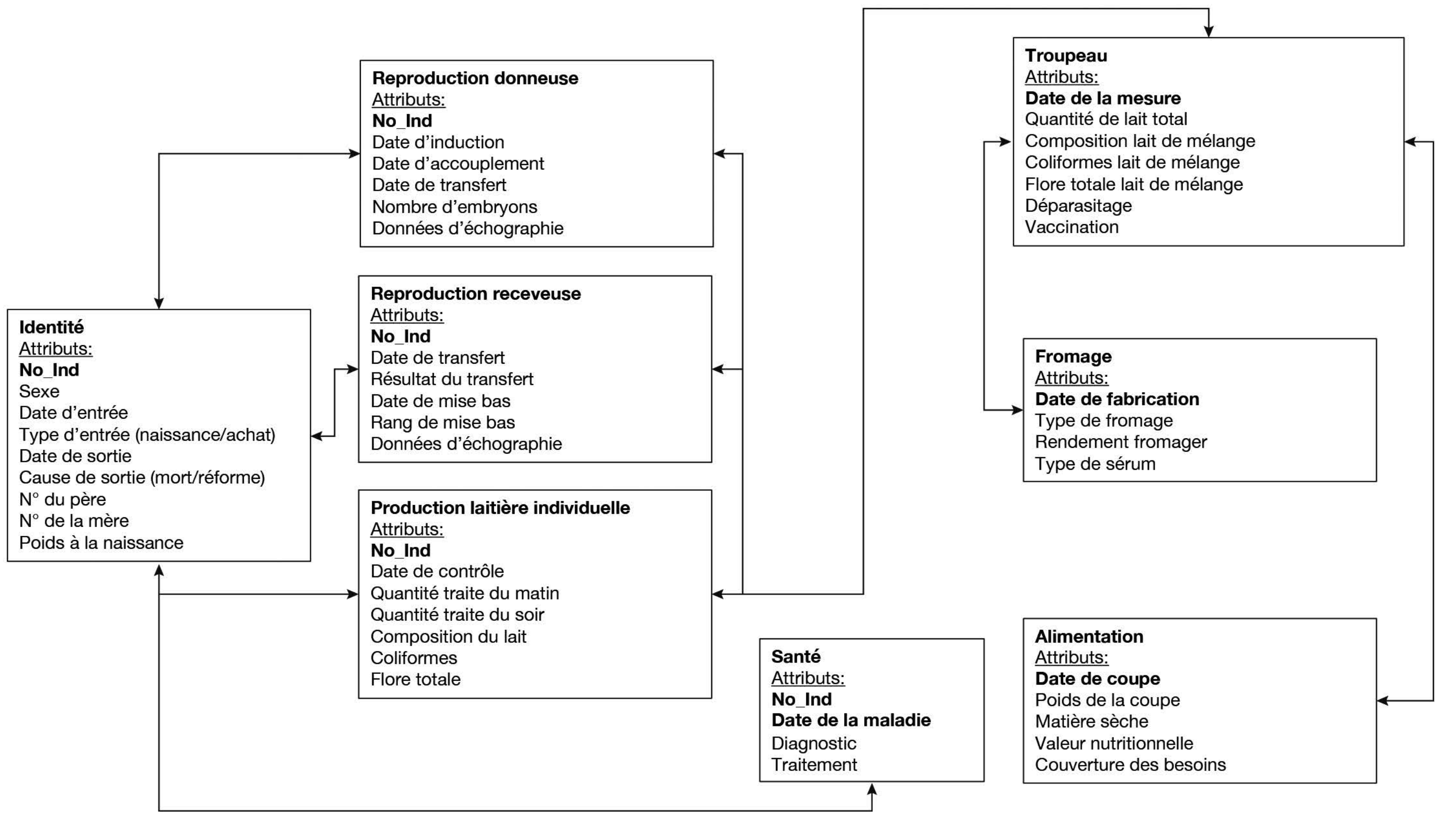


Figure 14.3. Exemple d'un modèle conceptuel des données de la ferme laitière expérimentale du Centre mauritanien de développement de l'élevage camelin (CMDEC) en Mauritanie

se faire sous Access© et s'appuie sur un modèle conceptuel des données (MCD), qui consiste à établir la liste des paramètres à mesurer et conserver ainsi que les liens entre tous ces paramètres, comme dans l'exemple de la figure 14.3.

À partir du MCD, on peut construire les fiches de données à alimenter (sous forme de tableaux Excel reliés entre eux) avec des interfaces aisées à manipuler (figure 14.4).

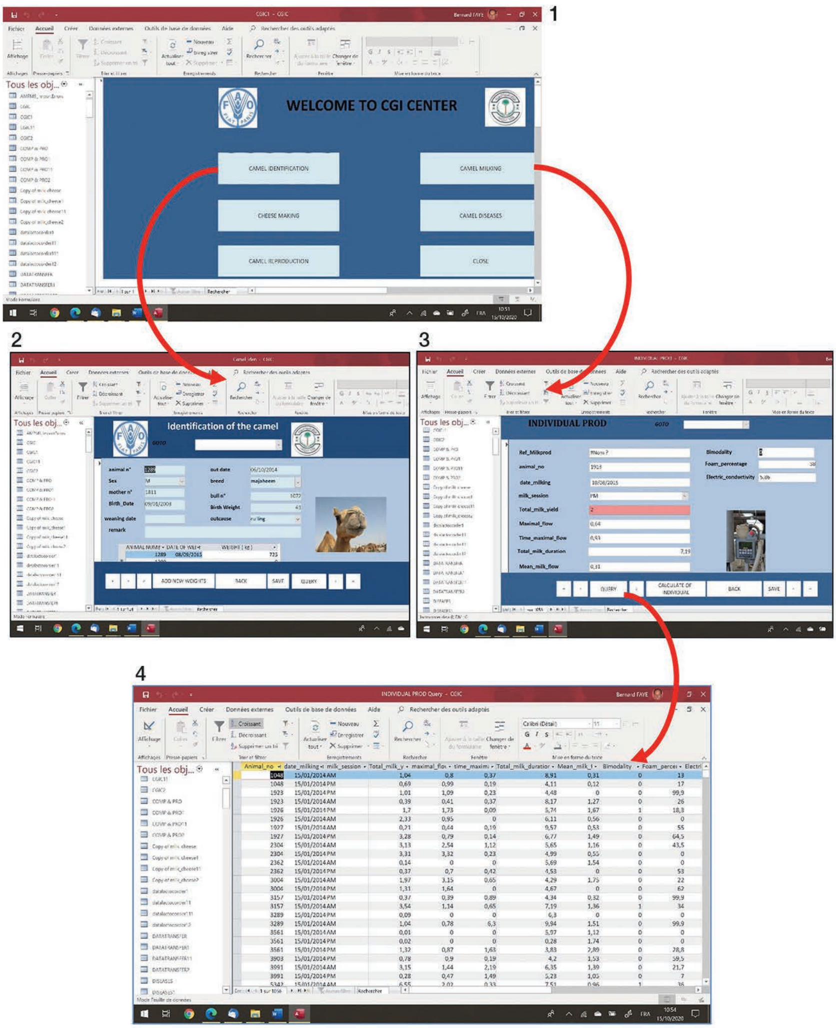


Figure 14.4. Représentation de quelques écrans de la base de données de la ferme de chamelles laitières expérimentale de Kharj (Arabie saoudite), montrant (1) la page d'accueil ; (2) la fiche de renseignements concernant l'identification des animaux ; (3) celle des performances laitières ; et (4) le tableau final des données de performances laitières

La base de données assure le suivi des performances au travers de différents graphiques permettant de mieux piloter la ferme, par exemple le suivi de la production laitière journalière (figure 14.5).

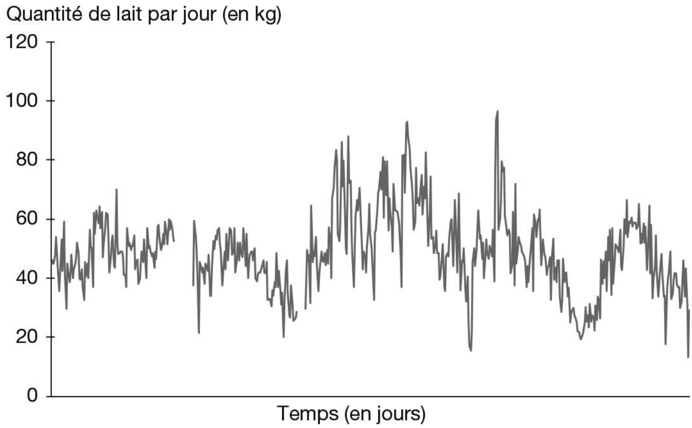


Figure 14.5. Suivi de la production laitière quotidienne dans la ferme de chamelles laitières de Kharj (Arabie saoudite) pendant 18 mois à partir d'une base de données

15. Modèle démographique

La démographie d'un troupeau dans un élevage est estimée en fonction des entrées (naissance et achat) et des sorties (mort, réforme et vente), elles-mêmes dépendantes d'un certain nombre de paramètres zootechniques tels que le taux de fécondité pour les entrées, le taux de mortalité, d'avortement, d'exploitation et de réforme pour les sorties. Ainsi, la probabilité de passage d'une classe d'âge à l'autre au sein d'un troupeau (par exemple le passage du statut de chamelon femelle 0-1 an au statut de chamelon femelle 1-2 ans) dépendra du taux de mortalité dans la classe d'âge 0-1 ans. Avec un taux de 10 %, la probabilité de passage sera de 0,90. Le schéma conceptuel du modèle démographique est donc résumé dans la figure 15.1.

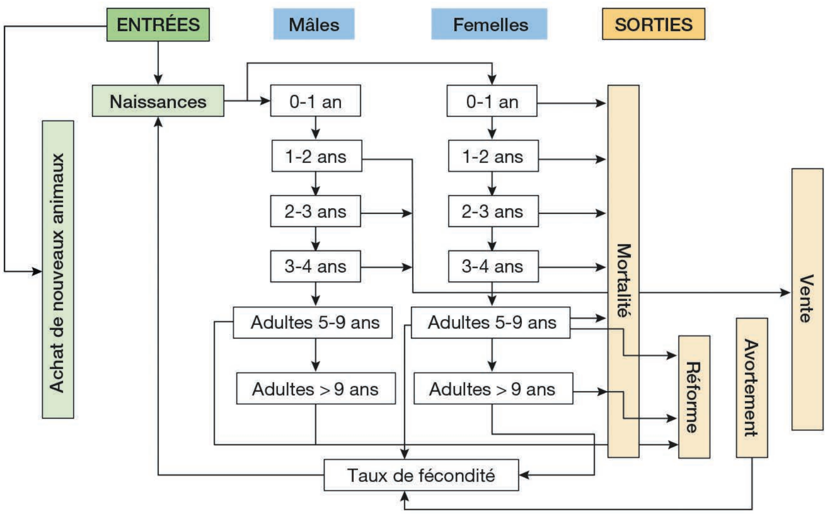


Figure 15.1. Modèle démographique d'un troupeau laitier

Les paramètres zootechniques permettant d'estimer la croissance démographique d'un troupeau camelin sont décrits dans le tableau 15.1.

Tableau 15.1. Paramètres d'entrée et de sortie du modèle démographique (certaines cases sont calculées automatiquement par leur inverse : taux de stérilité pour le taux de fécondité ; *sex-ratio* femelle pour le *sex-ratio* mâle)

Paramètres d'entrée du modèle	Valeurs	Paramètres de sortie du modèle
Taux de stérilité annuel (%)	5-15	Production laitière totale (l)
Taux de fécondité annuel (%)	85-95	Effectif du cheptel (n)
Taux de survie 0-1 an (%)	80-95	Taux de femelles en lactation (%)
Taux de survie 1-2 ans (%)	90-95	Taux de femelles gestantes (%)
Taux de survie 2-3 ans (%)	90-98	Taux de femelles non gestantes (%)
Taux de survie mâle adulte (%)	95-100	Taux d'exploitation (%)
Taux de survie femelle adulte (%)	95-100	Graphique des effectifs
Taux d'avortement (%)	5-15	
Taux de mise bas (%)	85-95	
Sex-ratio mâle	45-55	
Sex-ratio femelle	45-55	
Taux de réforme mâle adulte	5-10	
Taux de réforme femelle 5-9 ans	5-10	
Taux de réforme femelle >9 ans	20-30	
Taux de réforme jeunes mâles (%)	80-95	
Durée de lactation (jours)	300-330	
Progression productivité lait (%)	0-5	
Production laitière/jour/animal (l)	5-10	

En comparant les performances zootechniques les plus défavorables (limites inférieures des valeurs répertoriées dans le tableau 15.1) avec les performances les plus favorables (limites supérieures), on peut tester les hypothèses d'évolution démographique (figure 15.2) ou de production laitière (figure 15.3).

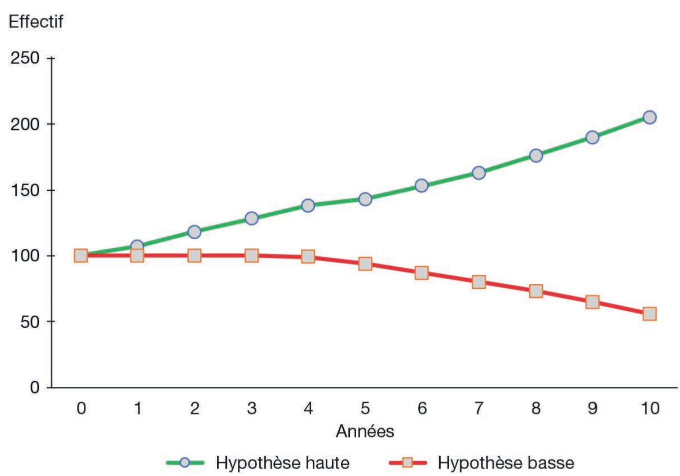


Figure 15.2. Évolution théorique de l'effectif du cheptel camelin (sur la base de 100 animaux dont 36 % de femelles en lactation) pendant 10 ans selon les performances zootechniques minimales (courbe rouge) ou maximales (courbe verte)

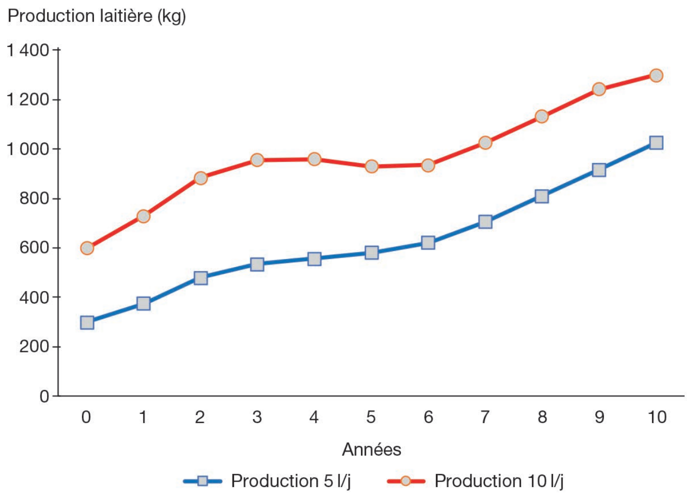


Figure 15.3. Évolution de la production laitière sur 10 ans selon la productivité moyenne individuelle de 5 l/j (courbe bleue) ou 10 l/j (courbe rouge) pour des performances zootechniques optimales

Le modèle démographique est la base permettant de déterminer la rentabilité économique de l'élevage laitier.

16. Modèle d'évaluation de la rentabilité économique

Pour évaluer la rentabilité économique, il convient de distinguer les postes de dépenses des produits.

Les postes de dépenses

Concernant les charges (postes de dépenses) fixes ou variables, il faut intégrer les paramètres suivants :

– le coût de l'alimentation ;
– le coût des soins vétérinaires ;
– le coût de la main-d'œuvre ;
– les charges liées à la commercialisation ;
– le coût des équipements d'élevage ;
– le coût des fluides (eau, électricité) et des consommables (produits d'entretien) ;
– le coût de l'achat de nouveaux animaux ;
– les impôts et taxes ;
– les frais bancaires ;
– les coûts d'amortissement des infrastructures et des équipements.

Quelques aspects et mode d'estimation sont précisés ci-après.

Le coût de l'alimentation

Le poste de dépense lié à l'alimentation dépend de l'accès ou non à des pâturages en libre accès ou en location. Dans ce dernier cas, il faut intégrer le coût du foncier (taxes foncières, entretien, location ou amortissement de l'acquisition). Dans tous les cas, il faut estimer la quantité nécessaire en fonction de la composition du troupeau (tableau 16.1). Le coût de l'alimentation sera estimé en multipliant les quantités estimées par le prix des fourrages (s'ils sont achetés et non pas produits sur la ferme) et des concentrés.

Tableau 16.1. Quantité estimée de fourrages et de concentrés en fonction du poids et du statut des camelins pour le calcul du coût de l'alimentation

Catégorie	Poids moyen (kg)	Quantité de fourrage (kg MS)	Quantité de concentrés (kg)
Chamelon 0-1 an	80	1,6	1
Chamelon 1-2 ans	160	3,2	2
Chamelon 2-3 ans	250	5	2,5
Prépubères	450	9	3
Adulte mâle	700	14	1
Adulte femelle	550	11	3

Les coûts vétérinaires

L'estimation des coûts liés à la santé est difficile car il peut y avoir des dépenses imprévisibles. Il existe 2 types de dépenses : (i) les dépenses de prévention (vaccination, déparasitage, pharmacie vétérinaire), et (ii) les dépenses d'intervention vétérinaire. On peut opter pour une estimation par la notion d'unité d'intervention vétérinaire (UIV), qui a été développée par les groupements vétérinaires conventionnés. Le principe consiste à décréter un nombre d'UIV par catégorie d'animal. Par défaut, on attribue 1 UIV pour les chamelons de moins d'une année, car les interventions sont plus nombreuses dans cette classe d'âge, contre 0,2 UIV pour les autres catégories d'âge jusqu'à la puberté, 0,1 UIV pour les mâles adultes, 0,3 UIV pour les chamelles gestantes et 0,5 UIV pour les chamelles en lactation. Cela permet de calculer le nombre total d'UIV pour l'ensemble du troupeau en fonction de sa composition. Il suffit ensuite d'estimer le coût d'une UIV, c'est-à-dire les dépenses moyennes pour les chamelons de moins d'un an (par exemple 50 ou 100 €/an).

Le coût salarial

La main-d'œuvre (niveau de compétence et nombre) comprend des personnes en nombre fixe pour les tâches administratives et de gestion et en nombre variable pour les tâches techniques. Pour ces dernières, le nombre dépend de l'effectif du cheptel. On compte généralement pour la traite mécanique un trayeur pour 25-30 chamelles en lactation, un berger ou animalier pour 60-100 animaux et un technicien d'élevage pour 120-150 animaux. En cas de traite manuelle, il faut compter un trayeur pour 20 chamelles environ.

Les coûts d'amortissement

En général, on évalue un amortissement des infrastructures sur 20 ans, soit 5 % par an du prix des bâtiments, et un amortissement des équipements (véhicules, équipement de traite, éventuellement laboratoire de contrôle, tank à lait, bureautique) sur 5 ou 10 ans selon les types, soit 10 ou 20 % par an du coût d'investissement.

Les charges liées à la commercialisation du lait

Ce poste de dépenses dépend selon qu'il s'agit d'une vente en vrac à une laiterie, ou d'une vente directe aux particuliers. Les charges comprennent notamment les frais de transport et les frais d'emballage.

Au total, et sur la base d'un élevage d'une centaine de chamelles, la part des charges liées à l'alimentation représente entre 30 et 40 % alors que celles liées à la main-d'œuvre varient entre 40 et 50 %. Ces deux postes de dépenses représentent entre 60 et 80 % des charges (figure 16.1).

Les produits

Ils sont de deux ordres : (i) la production laitière, dont la quantité dépend du nombre de chamelles en lactation et de leur productivité ; (ii) les animaux de réforme et les ventes d'animaux pour l'élevage ou l'abattage. Concernant le lait, une plus-value peut être obtenue en cas de transformation à la ferme (fromage, lait fermenté), mais cela implique des investissements supplémentaires en équipement. Dans une ferme laitière, le produit lait représente la

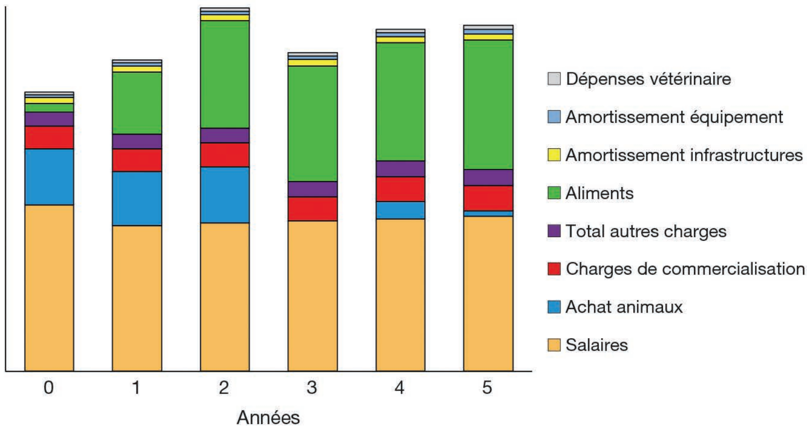


Figure 16.1. Structure des charges dans un élevage de chamelles laitières pendant 5 ans

majorité des revenus (environ 90-95 %) et varie selon que les chamelons mâles destinés à la vente sont engraissés en ferme ou vendus à des engraisseurs externes (figure 16.2).

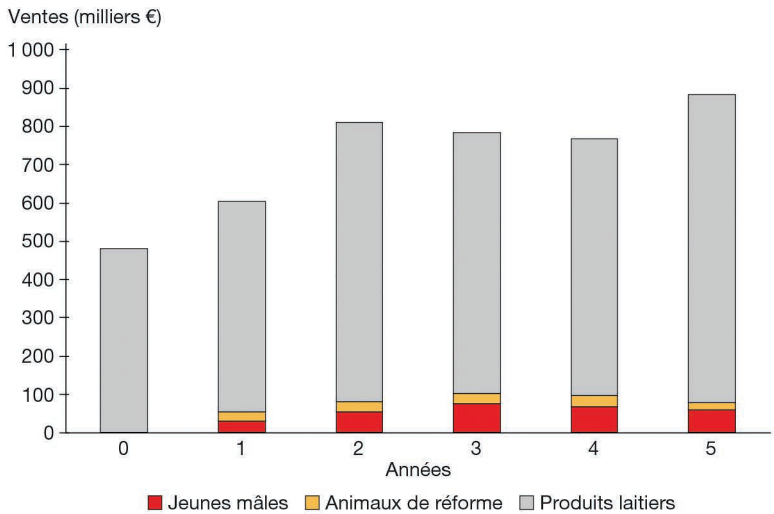


Figure 16.2. Structure des produits dans un élevage de chamelles laitières pendant 5 ans

Rentabilité finale

L'évaluation de la rentabilité d'une ferme laitière va donc dépendre de nombreux paramètres, à la fois zootechniques (productivité, performances) et humains (gestion). L'utilisation du modèle démographique associé à l'évaluation des coûts et des produits permet de visualiser les résultats financiers attendus (figures 16.3).

Le modèle démographique associé à l'évaluation des charges et des produits espérés en fonction des performances zootechniques constitue un outil de dialogue et donc de gestion prévisionnelle. Il permet de tester différents

scénarios et surtout de déterminer des actions prioritaires en répondant à des questions du type : vaut-il mieux améliorer le taux de fécondité ou diminuer le taux de mortalité des jeunes en priorité pour améliorer la rentabilité ?

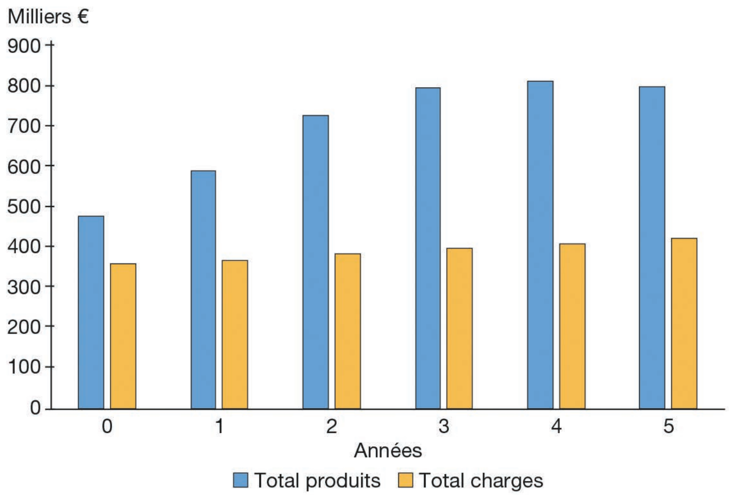


Figure 16.3. Total des produits et des charges pendant 5 ans dans un élevage de chamelles laitières avec une productivité moyenne de 5 l/animal et des performances zootechniques moyennes

V. Les produits et services camelins

17. La transformation des produits laitiers camelins

Longtemps confinée à un usage privé de proximité, la consommation de lait de chamelle se limitait au lait cru ou fermenté. Par son entrée sur le marché national, voire international, désormais le produit rentre dans une logique de diversification de l'offre, permettant de proposer aux consommateurs une plus large gamme de produits, tels que le lait pasteurisé ou aromatisé, les crèmes glacées, les fromages et diverses sucreries. Des essais pour la fabrication de beurre et de yaourts ont également été testés. Mais entre les mises au point en laboratoire et la production artisanale ou industrielle, quel bilan peut-on faire des produits disponibles actuellement ?

Le lait fermenté : du produit traditionnel à l'industrie laitière

La fermentation était autrefois l'un des seuls moyens de prolonger la consommation du lait de chamelle frais produit dans les régions désertiques dépourvues de possibilité de le conserver par d'autres moyens, du fait des difficultés de coagulation naturelle pour en faire notamment une pâte fromagère. Il existe une large variété de produits fermentés traditionnels liés à la diversité de la flore lactique responsable de la fermentation et aux habitudes culturelles de transformation : *shubat* au Kazakhstan, *gariss* au Soudan, *suusac* au Kenya, *laben* (ou *lben*) dans les pays arabes, *ititu* ou *dhanaan* en Éthiopie, le *chal* en Iran et Turkménistan. D'autres boissons fermentées à base de lait de chamelle sont proposées en Mauritanie ou au Maroc telles que le *zrig*. Plus que le lait frais, le lait fermenté est recherché par les consommateurs avertis pour ses propriétés probiotiques (grâce à la présence des bactéries lactiques) et ses effets sur la santé en général.

La fermentation naturelle (en général activée par un « vieux » lait déjà fermenté à température ambiante) en milieu paysan n'est jamais standardisée et aboutit de fait à un produit final de qualité organoleptique très variable, peu compatible avec une industrialisation du processus. L'industrie laitière a donc cherché, au-delà de l'identification de la flore lactique, à caractériser les propriétés fonctionnelles de cette flore en vue d'un contrôle de la fermentation et d'une standardisation du produit fini. Il s'est agi dès lors de « moderniser » le lait fermenté, comme au Kazakhstan ou en Chine, en obtenant finalement un produit ayant des propriétés constantes en termes de goût, de qualité et de coût de production. Pour cela, les étapes consistent à :
– identifier les bactéries lactiques d'intérêt technologique (LAB) et les levures responsables de la fermentation naturelle ;
– sélectionner les souches de bactéries et de levures selon le produit final espéré ;
– tester les cinétiques de croissance, les capacités d'acidification, les propriétés organoleptiques et les activités antagonistes de chaque souche sélectionnée ;

– tester les milieux nutritifs pour une croissance optimale dans les bioréacteurs industriels ;
– préparer un emballage spécial des LABs lyophilisées (figure 17.1) à utiliser comme ferments standards pour les producteurs de lait.



Figure 17.1. Ferments lyophilisés pour la préparation du *shubat*, lait de chamelle fermenté, au Kazakhstan

Quelques pays commercialisent aujourd’hui du *laben* au processus de fermentation contrôlé, comme en Algérie (figure 17.2), selon une méthodologie mise au point en Arabie saoudite. Toutefois dans ce cas précis, il s’agit de ferments lactiques isolés dans le lait de vache.



Figure 17.2. *Laben* au lait de chamelle de la laiterie d’el- Oued (Algérie)

Le lait de chamelle pasteurisé

De nombreux pays en Afrique ou en Asie ont mis sur le marché du lait de chamelle pasteurisé, qui demeure la transformation « moderne » la plus fréquente. Cependant, la technologie utilisée est le plus souvent basée sur les connaissances acquises sur le lait de vache. Or, les normes techniques utilisées pour le lait de chamelle sont loin d'être maîtrisées, et une grande variabilité technologique est observée. Il est également notable que les indicateurs généralement utilisés pour contrôler la pasteurisation (phosphatases alcalines) ne sont pas applicables au lait de chamelle, compte tenu de leurs propriétés thermorésistantes chez le chameau. Des auteurs ont donc proposé que les phosphatases alcalines soient remplacées par la γ-Glutamate transférase (GGT) ou la lactoperoxidase (LP) encore présentes dans le lait pasteurisé. Cependant, la pasteurisation, même si elle contribue fortement à la diminution des charges microbiennes, n'équivaut pas à une stérilisation. La pasteurisation permet de diviser par 100 la charge microbienne, mais avec un lait très contaminé (par exemple 1 million de coliformes/ml), la charge microbienne restante demeure élevée (10 000 coliformes/ml alors que la norme est de moins de 100/ml). Il faut donc être prudent sur la qualité initiale du lait. Elle n'autorise pas de s'abstraire de la nécessité d'assurer la production d'un lait de bonne qualité hygiénique. Aussi, la question de la stérilisation se pose régulièrement, compte tenu de la fréquente mauvaise qualité hygiénique du lait de chamelle collecté en milieu pastoral.

Par ailleurs, en termes d'équipement, il convient de privilégier les pasteurisateurs continus (en tube) plutôt que les pasteurisateurs à plaque. En effet, la matière grasse du lait de chamelle, de composition différente du lait de vache, a tendance à encrasser les plaques lors du chauffage.

Le lait stérilisé

La solution pourrait être le lait UHT. Malheureusement, le comportement des protéines du lait de chamelle à haute température constitue une forte contrainte pour les procédés de stérilisation. Leur dénaturation empêche jusqu'à présent de proposer du lait de chamelle UHT, les protéines devenant instables à haute température. De nombreux travaux ont essayé de trouver une solution, sans succès jusqu'à présent. Après un traitement UHT, le lait de chamelle présente une séparation en deux phases, due à la précipitation des protéines, ce qui sur le plan commercial le rend impropre à la consommation. De fait, les protéines sériques sont dénaturées rapidement à haute température.

Toutefois, on peut stériliser du lait de chamelle après reconstitution à partir de poudre comme le pratique la laiterie Camelicious à Dubaï. Pour stériliser le lait liquide directement, deux solutions technologiques ont été proposées :

– stérilisation par haute pression hydrostatique, technique qui ne nécessite pas de chauffage et donc évite la dénaturation thermique des protéines du lait. Cette méthode a été testée sur le lait de chamelle à titre expérimental. Avec des pressions de l'ordre de 200 MPa pendant 5 minutes à 40 °C, on réduit significativement la contamination bactérienne du lait sans modifier sa composition. Cependant, avec de plus fortes pressions (au-delà de 400 MPa), on observe une dénaturation des protéines à nouveau, notamment de l'α-lactalbumine ;

– microfiltration, technique qui permet de conserver toutes les propriétés du lait tout en augmentant sa durée de conservation jusqu'à un mois. Mais

concernant le lait de chamelle, là aussi, seulement des essais expérimentaux ont été réalisés. Dans l'essai cité, la charge microbienne est devenue insignifiante, diminuant de 99 % dans le perméat. Ce lait micro-filtré s'est avéré stable sur le plan bactériologique pour 60 jours sans modification de la composition du lait.

Donc, la stérilisation du lait de chamelle n'est pas encore vraiment à l'ordre du jour. La technique prometteuse de la microfiltration demande en effet de travailler avec du lait écrémé de chamelle, sa matière grasse ayant tendance à colmater rapidement les filtres.

Le yaourt au lait de chamelle

Une abondante littérature mentionne la possibilité de faire du yaourt avec le lait de chamelle. Plusieurs souches de bactéries lactiques classiques ont été testées comme *Lactobacillus bulgaricus* ou *Streptococcus thermophilus*, mais aussi *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei* et les bifido-bactéries.

Cependant, la fabrication du yaourt au lait de chamelle pose un problème de texture, le produit apparaissant gluant et finalement désagréable au palais. En effet, la viscosité du produit ne change pas pendant le procédé de gélification comparé au lait des autres espèces laitières. Cette contrainte est bien entendu à mettre en relation avec la composition protéique du lait de chamelle, voire, selon certains, à des facteurs antibactériens naturellement présents dans le lait de chamelle. Pour obtenir une meilleure texture, des essais avec addition de gélatine, alginate ou calcium ont été tentés, ou avec des ferments produisant des exopolysaccharides. L'application d'un traitement haute pression pourrait avoir un effet positif sur la texture, mais aucun essai n'a été réalisé à ce jour avec du lait de chamelle.

D'autres auteurs ont tenté l'amélioration de la fabrication de yaourt au lait de chamelle en le mélangeant avec celui d'autres espèces, ou bien en introduisant 0,75 % de xanthane biosynthétisé, mais avec des résultats mitigés en termes de propriétés organoleptiques. Cependant, dans tous les cas, le produit final correspond au mieux à un « yaourt à boire » sans en avoir les qualités gustatives, même en y ajoutant des arômes naturels ou synthétiques. Ces difficultés expliquent qu'il n'y a pas vraiment de production industrielle de yaourt au lait de chamelle actuellement et les nombreux essais ne sont guère sortis des laboratoires. Certains chercheurs ont proposé du yaourt congelé permettant d'obtenir un produit qui se situe entre le yaourt et la crème glacée. La composition optimale du point de vue texture serait permise avec plusieurs ingrédients que sont la matière grasse (5 %), le sucre (13 %), la gélatine (0,5 %) et 14 % de banane, mais, là aussi, une telle proposition n'est jamais sortie des laboratoires.

Le beurre de chamelle

La matière grasse du lait de chamelle contient moins de 0,5 % d'acide butyrique contre près de 5 % dans le lait de vache. De plus, les globules gras sont plus petits que dans le lait de vache. En conséquence, le rendement beurrier est faible, et les propriétés organoleptiques décevantes. Pour obtenir des globules gras au moment de la fabrication du beurre, il est nécessaire de procéder à de vigoureuses secousses à chaud (22-23°C), ce qui permet de récupérer environ 80 % du gras.

Le *ghee* (beurre clarifié), produit populaire en Inde, a fait aussi l'objet de tentative à partir du lait de chamelle, mais outre le rendement très faible comparé au lait de bufflonne ou de vache, le produit final s'est avéré plus susceptible de rancissement. La transformation en beurre ne semble donc pas fondamentalement intéressante dans le cadre d'une valorisation industrielle du lait de chamelle. De fait, hormis les essais réalisés en Éthiopie, où la consommation de beurre, y compris rance pour certaines recettes, est importante, la fabrication de beurre de chamelle a peu d'avenir.

Le fromage de chamelle

La difficulté d'obtenir un caillé de bonne qualité a toujours été la principale raison de l'absence de transformation fromagère du lait de chamelle. Sa faible concentration en κ-caséine, responsable de la coagulation et de la qualité du coagulum en est la principale raison. À cela s'ajoute, la lente acidification du lait de chamelle du fait de son plus fort pouvoir tampon naturel. Ce n'est que récemment que ces difficultés technologiques ont été résolues. Après de premiers essais à la fin des années 1980 pour améliorer le procédé de coagulation par l'ajout de calcium dans la présure bovine, qui conduisaient à de faibles rendements fromagers, et après de nombreuses tentatives d'amélioration par l'utilisation de coagulants d'origine végétale avec des succès mitigés, le problème de la coagulation a été résolu grâce aux travaux de Kappeler *et al.* (2006) sur la structure de la chymosine cameline. Par transfert génétique du gène de la synthèse de chymosine cameline sur la moisissure *Aspergillus niger,* l'enzyme recombinante a pu être produite industriellement, puis commercialisée sous le nom de Chymax-M1000® par Ch. Hansen© (Danemark). Toutefois, à l'exception de la Mauritanie, où le fromage Caravan® a pu être commercialisé par la laiterie Tiviski de Nouakchott, et quelques essais limités au Maroc (figure 17.3), en Inde, en Arabie saoudite, au Kenya ou dans les pays du Golfe, le fromage de chamelle est rarement sorti des laboratoires.



Figure 17.3. Fromage Ajban Dakhla au lait de chamelle fabriqué occasionnellement au Maroc

Différentes technologies ont été testées depuis pour fabriquer des types variés de fromages. Ainsi, ont été utilisées les technologies de fabrication du gruyère (figure 17.4A), de la mozzarella, de la feta et de l'halloumi (figure 17.4B), du fromage fondu ou du fromage blanc.

Cependant, la fabrication du fromage de chamelle se heurte à 3 écueils :
– le résultat final ne correspond pas à l'appellation attendue (le goût du « gruyère » de chamelle n'a rien à voir avec celui du vrai gruyère) ;
– l'acceptabilité par les consommateurs locaux est très variable, car le produit final ne correspond pas nécessairement à leur expérience du goût et à leurs habitudes de consommation ;
– le coût final du produit est élevé, même si le rendement est comparable à celui du lait de vache, du fait du prix élevé de la matière première.



Figure 17.4. A. Fromage de chamelle fabriquée selon la technologie gruyère (Arabie saoudite) ; B. Fromage de type feta conservé dans l'huile d'olive (Arabie saoudite)

Pour pallier ces difficultés, plusieurs ajustements ont été tentés comme la fabrication de fromages mixtes, mélangeant le lait de chamelle à celui d'autres espèces, la mise sur le marché de fromage correspondant au mieux aux goûts des consommateurs locaux ou la valorisation du lactosérum sous forme de boissons rafraîchissantes.

Un des freins au développement d'une production fromagère est le prix final du produit. En effet, la matière première étant plus chère que le lait de vache (entre 2 et 10 fois selon les pays), le prix du fromage de chamelle devient inabordable pour les bourses des ménages dans les pays du Sud, d'autant que, jusqu'à une période récente, on ne savait que faire du lactosérum. Celui-ci peut être valorisé dans l'alimentation des monogastriques (notamment les porcins, inimaginable dans la plupart des pays du chameau, qui sont de confession musulmane), ou dans des préparations telles que la ricotta. Plusieurs essais ont été réalisés avec le lactosérum de lait de chamelle pour contribuer à la diminution du prix du fromage (le lactosérum représente près de 90 % du volume initial de lait). Cela est d'autant plus intéressant que le lactosérum de chamelle est plus riche que celui de vache. Il contient en effet plus de matières grasses (9 g/l *vs* 7,7 g/l pour la vache) et plus de protéines (9,21 g/l *vs* 7,3 g/l) pour une même teneur en matière sèche. Récemment, en Mauritanie, il a été possible de proposer des boissons fraîches ou fermentées à base de lactosérum de chamelle avec une excellente acceptation des consommateurs.

La poudre de lait de chamelle

Le développement d'un marché international du lait de chamelle n'a pu être possible qu'avec l'apparition de la poudre de lait. Celle-ci représente un enjeu important du fait de l'éloignement des lieux de production par rapport à ceux de consommation. La mise en forme de poudre est en effet la meilleure façon de procéder au transport sur de longues distances, tant à l'échelle nationale

qu'internationale : une fois transformé en poudre, le transport ne concerne que la partie sèche du produit soit entre 11,5 et 12,5 % du poids. Une tonne de lait frais correspond à 120 kg de poudre en moyenne (figure 17.5).



Figure 17.5. Lait de chamelle en poudre (vrac) vendu sur la plateforme Alibaba © en Chine

Pour fabriquer cette poudre, plusieurs technologies ont été appliquées au lait de chamelle : séchage par pulvérisation à chaud (ou *spray-drying*) ou lyophilisation. La première méthode paraît préférable pour une meilleure reconstitution du lait liquide, mais elle implique un investissement plus important pour l'acquisition d'une tour de séchage et d'un pulvérisateur. En revanche, la poudre fabriquée par lyophilisation pourrait théoriquement être aisément utilisée dans l'industrie agroalimentaire (pâtisserie, chocolaterie).

Autres produits laitiers à base de lait de chamelle

La fabrication de crèmes glacées avec différents arômes est facile. Plusieurs exemples de commercialisation existent, par exemple aux Émirats Arabes Unis, au Maroc ou au Kazakhstan (figure 17.6). Fabriquée en s'appuyant sur la même technologie que celle utilisée pour les autres laits, la crème glacée bénéficie d'un succès certain auprès des consommateurs et surtout, avec moins de réticences que pour les autres produits issus du lait de chamelle. Cependant, très peu d'études sur la texture et les propriétés sensorielles ont été réalisées.

Il n'existe pas de références sur la transformation du lait de chamelle en sucreries. Il y a cependant des produits traditionnels. Par exemple au Kazakhstan, un caramel dénommé *Balkailmak* est obtenu après un long traitement thermique

d'une dizaine d'heures à température d'ébullition. On peut également rappeler ici l'introduction de la poudre de lait dans le chocolat comme cela est proposé aux Émirats.



Figure 17.6. Crème glacée au lait de chamelle commercialisée au Maroc

Transformation non alimentaire du lait de chamelle

La fabrication de savons et autres crèmes cosmétiques au lait de chamelle est désormais une pratique courante dans de nombreux pays, soit à l'échelle semi-industrielle, soit à l'échelle artisanale. La Chine commercialise des coffrets contenant divers produits cosmétiques depuis les bâtons de rouge à lèvres jusqu'aux crèmes hydratantes en passant par des shampooings et différentes lotions (figure 17.7). Pour l'industrie cosmétique, le lait de chamelle bénéficie des propriétés hypo-allergènes des protéines qui le composent.



Figure 17.7. Coffret de produits cosmétiques à base de lait de chamelle fabriqué en Chine

On peut résumer les conséquences de ces données relatives au lait de chamelle pour établir le tableau 17.1, qui indique les possibilités de valorisation, les intérêts et les contraintes à lever pour chacun des produits potentiels.

Tableau 17.1. Intérêts et contraintes des diverses transformations des produits camelins

Produit	Intérêt	Contraintes		
		Technique	Économique	Sociale
Lait fermenté	Facile à produire, nécessite peu d'investissement et bien accepté socialement (tradition du *leben* et du *zrig*) Peut se conserver plusieurs jours, voire semaines Qualités probiotiques avérées	Nécessite une bonne standardisation des qualités organoleptiques du produit Transport en respectant la chaîne du froid	Coût du transport d'un produit liquide	Doit être consommé tel quel, mais peut entrer dans les préparations culinaires traditionnelles (couscous)
Lait pasteurisé	Permet une conservation de durée moyenne (une semaine) A une image de lait de qualité car traité thermiquement	Nécessite un équipement approprié et une matière première de bonne qualité Transport en respectant la chaîne du froid Durée de conservation relativement limitée	Coût du transport Coût des investissements (pasteurisateur) et importance du packaging	Produit urbain par excellence
Lait stérilisé par microfiltration	Permet une conservation longue durée (30 jours)	Nécessite un équipement approprié (micro-filtre)	Coût des investissements, car nécessite un pasteurisateur Coût du transport	Produit urbain
Lait UHT	Permet une très longue conservation (2-3 mois)	Impossible avec le lait de chamelle	Coût du transport	Produit urbain
Yaourt	Diversification de l'offre Nombreux produits possibles (nature, sucré, aromatisé) Faibles investissements	Faible texture Nécessite une matière première de bonne qualité hygiénique	Produit à bien adapter aux consommateurs locaux	Mauvaise acceptation du fait de la texture
Beurre	Faible intérêt	Faible rendement et mauvaises qualités organoleptiques	Nécessite une chaîne du froid Faible investissement (baratte)	Mauvaise acceptation par les consommateurs

Produit	Intérêt	Contraintes		
		Technique	Économique	Sociale
Fromage	Bonne diversification de l'offre Faible investissement Faible coût du transport	Faire un produit adapté aux consommateurs locaux Nécessite de nombreux essais Nécessite de valoriser le sous-produit (lactosérum)	Prix élevé du produit Marché étroit	Pas de fortes habitudes culturelles de consommation Produit urbain
Poudre	Très longue conservation Possibilité d'exportation Possibilités en agro-industrie Faible coût du transport	Choix de l'équipement pour une poudre de bonne qualité Exige des bonnes compétences techniques (main-d'œuvre)	Nécessite un important investissement (tour de séchage) Exige une grande quantité de matière première pour rentabiliser les équipements	Relativement peu de débouchés pour le lait reconstitué au niveau national Difficulté d'accès pour le marché des pays occidentaux (barrière sanitaire)
Crème glacée	Très facile à fabriquer Peu d'investissements	Pas de difficulté particulière. Demande plusieurs arômes	Transport délicat Consommation locale	Choix des arômes
Sucreries	Bonne diversification des produits	Nécessite des mises au point	Collaboration avec des industries agroalimentaires Nécessite une bonne connaissance du marché	Recherche d'un bon rapport qualité/prix
Cosmétiques	Bonne diversification des produits Facilité de l'export et du transport	Choix des équipements en fonction des produits	Nombreuses concurrences (produits de l'artisanat local)	Demande de viser la qualité pour répondre au marché

18. Les produits carnés camelins

L'élevage des grands camélidés est également destiné à la production de viande et de produits carnés à travers le monde. Il existe également sur ce thème des ouvrages de référence abordant tous les sujets, depuis les techniques d'abattage jusqu'aux qualités nutritionnelles de la viande des grands camélidés (Kadim *et al.*, 2013) et auxquels on peut se référer. On se limitera à quelques points saillants dans le cadre du présent ouvrage, d'autant que l'abattage des grands camélidés n'est pas encore réglementé dans les pays de nouvelles implantations comme en Europe. Contrairement au lait de chamelle, qui ne fait l'objet d'un commerce mondialisé que depuis très récemment, le commerce de chameaux vivants destinés à la production de viande s'inscrit depuis longtemps dans un commerce régional florissant avec des flux importants depuis l'Afrique sahélienne vers le Maghreb et surtout depuis la Corne de l'Afrique vers la Péninsule arabique.

L'abattage

Dans les milieux pastoraux, l'abattage d'un chameau pour la consommation de sa viande demeure rare, eu égard à la taille de l'animal qui nécessite un grand nombre de convives. Il se limite donc à des manifestations festives importantes, telle par exemple la *gdaasiga* chez les pasteurs Afar d'Éthiopie et de Djibouti.

Les animaux abattus sont de tout âge, mais il existe de notables différences entre les régions productrices. Dans les pays du Golfe, la préférence va vers des chamelons mâles de moins de deux ans, souvent importés de la Corne de l'Afrique (Somalie, Soudan, Djibouti, Éthiopie, Kenya), parfois engraissés spécifiquement pour la production de viande. Dans les pays sahéliens, l'abattage concerne surtout des animaux adultes (5-7 ans). Dans certains pays, il est interdit d'abattre des animaux en dessous d'un certain poids (par exemple 250 kg en Tunisie) ou des femelles adultes (Arabie saoudite), à l'exception des vieilles femelles de réforme. Ces différences ont évidemment un impact sur la qualité de la viande.

Les types d'abattage

Les conditions d'abattage sont souvent calamiteuses dans la plupart des pays du chameau. Cela concerne non seulement les règles d'hygiène (aire d'abattage aménagée ou abattoir, vêtements spécifiques des abatteurs, suspension des carcasses, chambre froide…), mais aussi les notions de bien-être (transport, conditions d'amenée dans la chaîne d'abattage, étourdissement pré-abattage) contribuant à une mise à mort dans les meilleures conditions possible. On peut grossièrement décrire une méthode traditionnelle et une méthode moderne d'abattage.

La méthode traditionnelle consiste à placer l'animal en décubitus sternal (position assise), replier le cou sur la poitrine et trancher le cou à sa base, près de la poitrine, d'un coup sec, coupant les carotides de façon nette afin de

permettre une perte soudaine du volume sanguin entraînant une perte rapide de conscience. Aucun étourdissement préalable n'est pratiqué. L'animal est ensuite dépecé en commençant par le dos (contrairement à la plupart des autres espèces), du fait de la présence de la bosse. Celle-ci est ensuite prélevée, ce qui permet de retourner la carcasse sur la peau qui sert de protection vis-à-vis du sol. Ce n'est qu'à ce stade que l'animal est éviscéré.

La méthode moderne consiste à étourdir l'animal au préalable (étourdissement électrique) et de l'égorger, soit dans la position expliquée précédemment, soit sur l'animal suspendu (mais inconscient) par un membre postérieur. Notons que l'étourdissement électrique est admis dans le cadre des abattages rituels hallal. Toutefois, cette pratique n'est pas universellement appliquée, y compris dans les abattoirs modernes, où l'animal peut être suspendu tout en étant conscient, en contradiction totale avec les règles de base du bien-être animal. Dans le cas de suspension, l'éviscération peut se faire prioritairement par une incision ventrale comme pour les autres espèces. L'avantage en est que l'éviscération étant plus rapide après la mise à mort, les risques de contamination en sont réduits.

Découpe de la carcasse

Il n'existe pas de standard de découpe des carcasses chez les camélidés, mais différentes découpes ont pu être proposées. La plus commune consiste à séparer le quartier avant du quartier arrière en coupant la cage thoracique entre la 11e et la 12e côte (figure 18.1). Le quartier avant est lui-même divisé en 5 pièces (cou, épaule, poitrine, côtes, plat de côte), tandis que le quartier arrière comprend 3 pièces (longe, flanc et cuisse). D'autres découpes ont été proposées (Herrmann et Fisher, 2004).

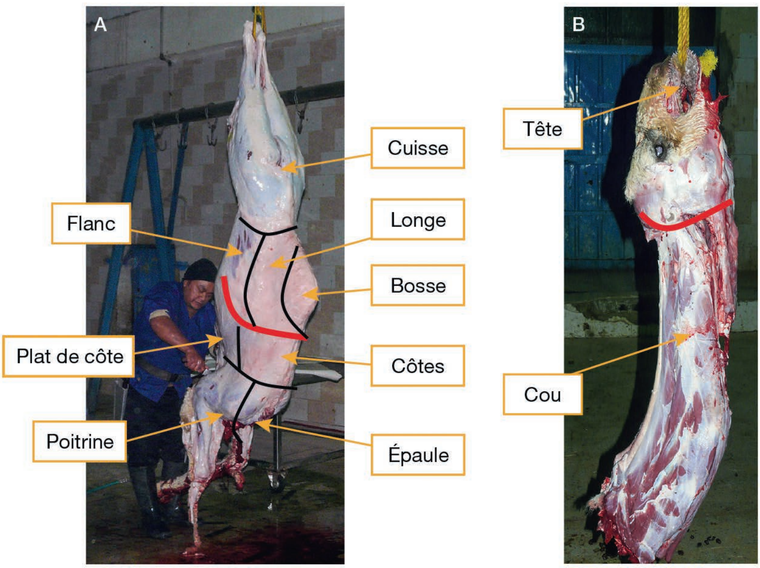


Figure 18.1. Découpe habituelle de la carcasse de dromadaire. La ligne rouge sur (A) marque la séparation entre quartier avant et quartier arrière, tandis que sur (B) elle indique la distinction entre le cou et la tête

Le rendement de la carcasse varie selon le type et l'âge des animaux abattus, et se situe entre 45 à 55 % avec une moyenne de 50 %. Il est plus élevé chez le chameau de Bactriane. Le poids de la bosse peut varier considérablement (de 3

à 100 kg) et peut représenter jusqu'à 25 % du poids de la carcasse. Pour 100 kg de carcasse, les muscles comptent en moyenne pour 56-57 kg, les os 20-25 kg et le gras 14-18 kg. La faible proportion de gras est remarquable et représente une caractéristique essentielle de la viande de chameau. Enfin, contrairement aux bovins, le quartier avant est prépondérant par rapport au quartier arrière, d'une part du fait de la présence de la bosse, d'autre part d'un plus fort développement des épaules comparé à la masse musculaire du bassin. Même sans inclure la bosse, on estime que le quartier avant représente 24 % environ de la carcasse contre à peine 21 % pour le quartier arrière.

La qualité nutritive de la viande de chameau

Relativement bien étudiée, la qualité nutritive de la viande chameau est, comme d'autres espèces, dépendante des types d'animaux, de leur âge, de leur sexe ou de leurs conditions d'élevage. La composition moyenne peut être estimée ainsi (selon divers auteurs) :
– eau : 70 à 77 % ;
– protéines : 17-23 % (dromadaire) ou 17-18 % (Bactriane) ;
– matières grasses : de 1,4 % (animaux maigres) à 10,5 % (animaux gras plus âgés) ;
– minéraux : 1,1-1,5 %, dont 37 à 80 % de potassium selon les muscles.

Globalement, la viande de chameau est réputée pour sa faible teneur en matière grasse (notamment quand la bosse est retirée de la carcasse) et très pauvre en cholestérol, ce qui en fait un argument commercial (figure 18.2).

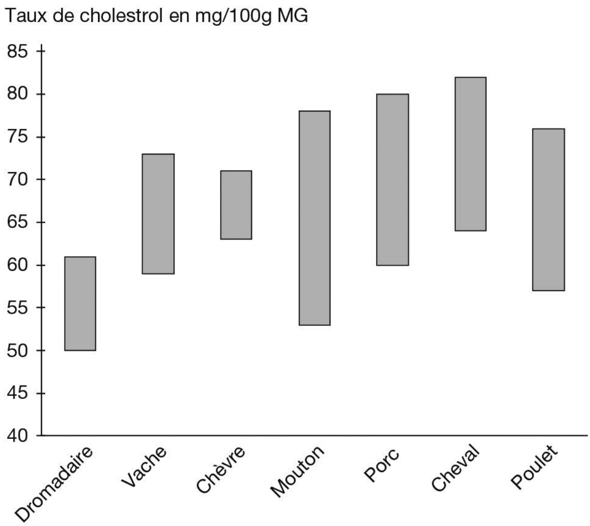


Figure 18.2. Taux de cholestérol dans la viande de plusieurs espèces domestiques (en mg/100 g de matière grasse [MG])

La valeur nutritive de la viande de chameau est aussi liée à la qualité de ses protéines. En effet, un des indicateurs utilisés en nutrition humaine est l'index d'acides aminés essentiels (IAAE), qui reflète le taux de couverture des besoins de l'homme. Un index de 100 signifie que le produit couvre les besoins de

l'homme à 100 %. Or, cet indice dépasse 250 dans la viande de dromadaire et atteint 225 chez le chameau de Bactriane. C'est l'index le plus élevé parmi toutes les viandes habituellement consommées par l'homme (figure 18.3).

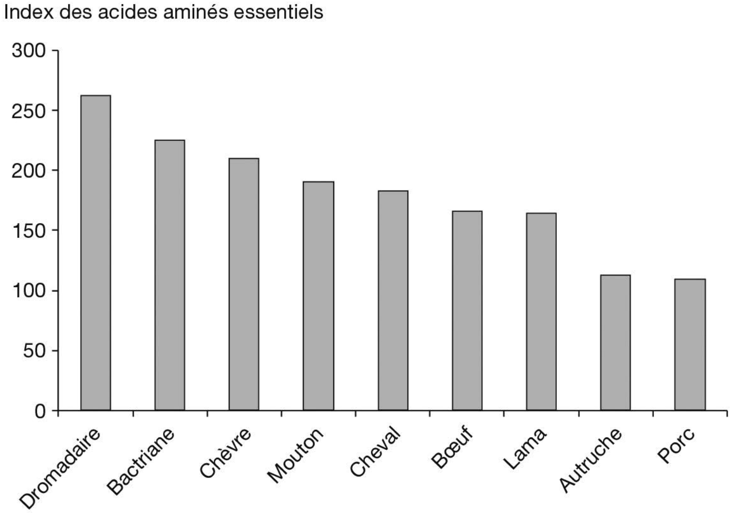


Figure 18.3. Index des acides aminés essentiels dans les viandes de différentes espèces les plus consommées par l'homme (source : d'après Raiymbek *et al.*, 2015)

En théorie, une carcasse de dromadaire assurerait les besoins énergétiques d'un homme adulte pour 5 jours et ses besoins en protéines pour 35 jours.

La transformation des produits carnés

La transformation de la viande de chamelle a connu un récent développement considérable.

Dans les sociétés traditionnelles, le principal mode de conservation consistait à produire de la viande séchée par séchage solaire. En effet, quand les pasteurs sacrifient un animal, pour l'autoconsommation dans le cadre de fêtes religieuses par exemple, ne pouvant utiliser la totalité de la carcasse dans des délais suffisamment brefs, la seule possibilité technique consiste à obtenir de la viande boucanée, additionnée d'épices, qui peut se conserver plusieurs mois et que les caravaniers apprécient au cours de leurs périples. Par exemple, chez les pasteurs de la Corne de l'Afrique, la viande boucanée porte différents noms (*qwanta* en Éthiopie, *odka* en Somalie, *sharmoot* au Soudan et au Tchad), mais la technologie est globalement la même : on découpe des tranches fines de viande, disposées dans un séchoir solaire ou simplement sur des fils au soleil. Le produit séché peut être enduit d'épices ou de beurre, redécoupé ou réduit en poudre. Au Sahara (sud du Maroc, Mauritanie), plusieurs préparations à la base de recettes traditionnelles sont populaires, tels que le *tichkar* (viande séchée), le *khliâ* (viande séchée confite dans l'huile d'olive) ou le *loudek* (graisse de bosse). Des versions « modernisées » ont été proposées aux consommateurs des grandes villes (figure 18.4). C'est ainsi que de la viande séchée sous différentes formes peut être disponible dans les supermarchés, notamment dans les pays du Golfe comme le *kadid*, ou dans les pays du Sahel (*kilishi*) ou en Afrique de l'Est (*biltong*).

D'autres pratiques comme la fumaison ou le saumurage sont pratiqués traditionnellement.



Figure 18.4. *Khliâ* à l'huile d'olive dans un magasin de Rabat

En Turquie, où le cheptel camelin est surtout utilisé dans les festivals de « lutte cameline », les carcasses des animaux de réforme, souvent relativement âgés, sont transformées en saucisses (*deve sucuk*), présentées en chapelet lors des festivals (figure 18.5) ou dans les boucheries. Ce produit a d'ailleurs fait récemment l'objet d'un enregistrement comme produit AOP (appellation d'origine protégée).



Figure 18.5. *Deve Sucuk* (saucisse de chameau) au festival de lutte cameline à Selçuk (Turquie)

Dans les fast-foods du Moyen-Orient, le « *camelburger* » est entré dans les menus. En Chine, on propose des pattes de chameau étuvées commercialisées sous vide (figure 18.6A), du pâté et des terrines. Au Kazakhstan, le *kaze* de chameau, un saucisson habituellement fabriqué à partir de viande de cheval, est désormais proposé aux consommateurs urbains (figure 18.6B). Dans ce pays, des préparations cuisinées, stérilisées sont également disponibles (figure 18.6C), ainsi que du « *corned-camel* » destiné à l'armée.

Au Maroc, une grande entreprise de transformation propose également toute une gamme de produits transformés à base de viande de dromadaire : jambon, saucisson, mortadelle, lunchéon (encas servi en collation). Globalement, la viande de chameau se prête fort bien à toutes les transformations appliquées à d'autres viandes, tout en s'appuyant sur le savoir-faire local et les habitudes alimentaires des pays concernés.



Figure 18.6. A. Pied de chameau cuit à l'étuve (Chine) ; B. *Kazé* (saucisson) de chameau ; C. Plat cuisiné à base de riz et de viande de chameau au Kazakhstan

Plusieurs tests d'appréciation par des panels de dégustateurs ont été expérimentés, pour évaluer les qualités physiques et sensorielles de la viande de chameau, apprécier le degré d'acceptabilité de la fumaison ou de la salaison, ou tout simplement évaluer l'acceptabilité du produit par rapport au même produit préparé avec de la viande de bœuf. Dans tous les cas, les appréciations apparaissent favorables.

19. Les autres produits du chameau

Les grands camélidés sont le type même d'animal aux multiples usages. Aux fonctions de service pour la monte sellée ou le transport des marchandises, voire, dans les pays du sud, pour les travaux agricoles, il faut rajouter les productions, le lait et la viande largement évoqués plus haut, mais aussi la laine, le cuir, le fumier, productions décrites succinctement dans le présent chapitre en complément des fonctions de service.

Les autres productions

La laine

Si tous les camélidés sont capables de produire une toison laineuse, celle-ci est bien plus abondante et de meilleure qualité chez le chameau de Bactriane. La toison est plus abondante en hiver et une chute naturelle de la toison laineuse se met en place à la fin du printemps avec l'augmentation de la température extérieure. La toison comprend des poils, de la laine au sens strict et du duvet. La tonte, qui se pratique par exemple au Turkménistan ou en Inde permet de récupérer une toison mêlant poils et laine, ce qui en diminue la qualité, notamment pour en faire des vêtements. Aussi, la récupération de la laine par peignage sera largement préférée comme cela se pratique en Mongolie ou en Chine au moment de la mue de printemps. En effet, cette technique permet de ne récupérer que la partie noble de la toison. La fibre de laine de Bactriane est réputée pour son pouvoir isolant (on en faisait des sous-vêtements pour les cosmonautes soviétiques !), sa résistance et sa finesse. Un mâle Bactriane fournit entre 3 et 5 kg de toison, mais des chiffres records de 18 kg sont rapportés dans la littérature. Chez le dromadaire, la production lainière est plus faible (environ 1 kg) et la tonte peu pratiquée, sauf en Asie centrale (figure 19.1). La laine de chameau



Figure 19.1. Tonte mécanique des dromadaires de race Arvana au Turkménistan

est en effet une fibre relativement fine (de 14 à 30 µm de diamètre), qui peut atteindre, pour les fibres les plus longues, 40 à 50 cm de longueur (notamment sur les épaules et la poitrine). En Europe, l'utilisation de la laine de chameau reste très anecdotique.

Si la laine de dromadaire, de moins bonne qualité, est traditionnellement utilisée pour la fabrication de tapis et de voiles de tente, voire de manteau (*gandoura*), la laine de Bactriane est l'objet aujourd'hui d'une valorisation sous forme de couvertures et vêtements de grande qualité. De fait, si la fibre du dromadaire est intégrée dans des filières textiles nationales, comme en Tunisie ou en Inde, la laine de Bactriane, qui possède une qualité cachemire, est très prisée sur le marché international du luxe, carte que n'ont pas manqué de jouer la Mongolie et la Chine.

Le cuir de chameau

Le cuir de dromadaire a longtemps été considéré comme étant de médiocre qualité en dépit de son poids (entre 22 et 47 kg) et de sa taille. Il est en effet de faible valeur commerciale. La présence de la bosse, la fréquence des maladies cutanées comme la gale ou la teigne, les techniques grossières de dépeçage (par le dos comme signalé plus haut dans la section « Abattage ») ajoutent à la dépréciation du produit. Traditionnellement, le cuir de chameau était voué, du fait de sa solidité, à la sellerie et à la fabrication de lanières.

Toutefois, des innovations technologiques récentes (meilleur écharnage, stockage des peaux au congélateur, amincissement du derme, meilleures techniques de tannage, traitement des maladies cutanées) ont permis d'obtenir une meilleure matière première qui entre désormais dans la composition de produits artisanaux (poufs, sacs) voire de produits de luxe (chaussures, manteaux) diffusés dans l'industrie touristique, notamment en Afrique du Nord (figure 19.2).



Figure 19.2. A. Chaussure en cuir de dromadaire fabriquée en Tunisie ; B. Pouf en cuir de dromadaire fabriqué au Maroc

Pour être complet, les pasteurs utilisent également les tendons de dromadaire dans la confection de lanières solides pour les tentes ou les paquetages et, à l'occasion, les os longs peuvent être d'utiles montants de tente.

Le fumier

La capacité des grands camélidés de recycler l'azote issu de la métabolisation des protéines induit l'excrétion d'une urine pauvre en ammoniac et urée et de fèces pauvres en azote, et donc de procurer un fumier de relative faible valeur

fertilisante. De plus, avec un mode de vie largement basé sur la mobilité des troupeaux, la récolte des excrétions s'avère une opération difficile, permise uniquement en cas de forte concentration des animaux lors d'événements particuliers comme la foire de Pushkar en Inde (figure 19.3).



Figure 19.3. Collecte des crottes de dromadaire à la foire de Pushkar (Inde)

En revanche, dans les systèmes intensifs avec des animaux sédentarisés, et notamment dans des enclos paillés, la récolte du fumier est tout à fait possible et peut être utilisée en maraîchage. Cependant, dans la plupart des cas, les crottes de dromadaire étant faiblement hydratées, elles sèchent facilement et sont utilisées plutôt comme combustible. Accessoirement, en Inde, elles entrent dans la fabrication de papier (figure 19.4).



Figure 19.4. Papier fabriqué à partir de crottes de dromadaire en Inde (photo https://camelcharisma. files.wordpress.com/)

Accessoirement, les crottes de dromadaire, bien séchées, font d'excellents pions pour des jeux dans le sable, tels que l'Awalé, apprécié des enfants touareg. À noter enfin, que l'urine est parfois recueillie pour la pharmacopée traditionnelle. De nombreuses croyances courent sur l'efficacité de l'urinothérapie

face à de nombreuses affections. Des travaux récents sembleraient indiquer des effets bénéfiques sur des lignées cellulaires cancéreuses, des pathologies cutanées (en usage externe) et certaines parasitoses (en usage interne). Une consommation régulière d'urine de chameau aurait des effets hépato-protecteur. Mais, la prudence s'impose pour démêler (comme pour le lait de chamelle), ce qui relève d'observations empiriques, d'effets thérapeutiques attestés, d'effets placebo ou de légendes. Il est probable que certaines molécules en provenance des plantes du désert et éliminées par les urines soient à l'origine des effets « thérapeutiques » attribuées à l'urine de chameau, par ailleurs relativement pauvre en urée, principal élément toxique.

Les fonctions de service

L'utilisation des grands camélidés dépasse la seule fonction de production. On évoquera ici quelques utilisations de l'animal à travers le monde à d'autres fonctions qui relèvent plutôt des services, que ce soit au travers du sport, du transport ou de travail agricole.

La monte sellée

L'utilisation des grands camélidés pour la monte sellée est probablement aussi ancienne que la domestication, comme en attestent les pétroglyphes en Asie centrale ou les gravures rupestres d'Afrique du Nord (figure 19.5), soit pour le déplacement des individus pour des raisons personnelles ou commerciales dans les zones désertiques, soit pour des usages militaires.



Figure 19.5. Pétroglyphes montrant la chasse aux antilopes à dos de chameau (désert d'Alashan, Mongolie intérieure, Chine)

Des fresques sumériennes, datant de 2000 avant J.-C., évoquent à cet effet des raids en provenance de l'actuel nord de l'Arabie saoudite, vers les vallées du Tigre et de l'Euphrate, opérés par des tribus arabes (sous le nom d'« Alhamu ») montées sur des dromadaires (figure 19.6). Cette vocation militaire se perpétue au travers des « compagnies méharistes » et autre « *camel corps* », maintenus dans les pays désertiques, même si l'avènement des véhicules 4×4 a tendance à limiter l'intérêt de telles unités dans les conflits modernes.



Figure 19.6. Fresque sumérienne montrant un raid de chameliers arabes au IIe millénaire avant J.-C. (musée de Doumat-Al-Jandal, Arabie saoudite)

La monte sellée des grands camélidés est universelle, mais reste plus ou moins importante selon les sociétés pastorales. Très pratiquée chez les Touaregs ou les Maures, elle est moins fréquente chez les Afars par exemple. À ces traditions de monte, variables d'un pays à l'autre s'ajoute une variété de type de selles en fonction de leur emplacement par rapport à la bosse. Globalement, on peut distinguer 4 types de monte sellée (nonobstant la variabilité dans la forme des selles) : chez le dromadaire, (i) la monte à l'avant de la bosse, le chamelier appuyant ses pieds sur le cou de l'animal (c'est le cas notamment de la monte chez les Touaregs avec le pommeau de leur selle en forme de croix, très caractéristique) ; (ii) la monte sur la bosse avec une selle en forme de vasque, les jambes du chamelier réparties de chaque côté de la poitrine (cas de la selle



Figure 19.7. Types de monte sellée avec le placement de la selle chez le dromadaire. A. Avant la bosse (selle Touareg) ; B. Sur la bosse (selle soudanaise) ; C. Derrière la bosse (selle arabe) ; D. Entre les deux bosses chez le chameau de Bactriane

maure ou de la selle soudanaise) ; (iii) la monte à l'arrière de la bosse, avec une selle souvent rudimentaire, mais pouvant disposer d'étriers, utilisée en particulier par les jockeys dans les courses (cas de la selle des arabes du Golfe) ; et bien sûr chez le Bactriane, (iv) entre les deux bosses (figure 19.7).

Si la monte sellée est traditionnellement réservée aux hommes, des installations spécifiques sont prévues pour les jeunes épouses ou pour les femmes en général lors de festivités, voire pendant les déplacements lors des transhumances (figure 19.8). Toutefois, les chamelières du Royal Camel Corps dans le sultanat d'Oman montent les dromadaires comme les hommes (figure 19.9).



Figure 19.8. Palanquin sur dromadaire pour la jeune épouse en Algérie (A) et au Soudan (B) ; installation pour les femmes touarègues lors des festivités au Niger (C)

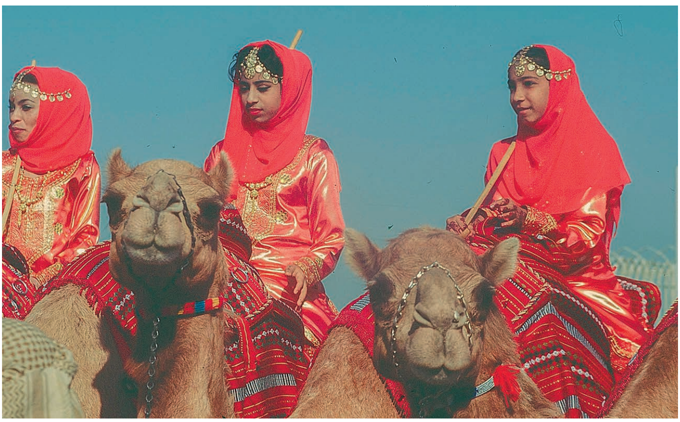


Figure 19.9. Chamelières du Royal Camel Corps au sultanat d'Oman

Du point de vue de ses performances, le dromadaire est capable sur terrain sablonneux de parcourir 50 à 100 km/jour à une vitesse moyenne de 10-12 km/h. Lors de raids guerriers, des animaux très entraînés étaient capables de parcourir 150 à 200 km en une seule journée. Lors du marathon camelin de Douz, en Tunisie, les premiers arrivent après environ deux heures de course, soit à la vitesse de 20 km/h comme les champions olympiques. Dans les pays du Golfe, les courses de dromadaires sont très populaires et donnent lieu à une économie florissante. Les animaux effectuent des courses de l'ordre de 10-15 km à des vitesses de 30-40 km/h.

Pour le tourisme, plusieurs types de selles, permettant de porter plusieurs personnes, sont proposés. Cela va de la selle enserrant la bosse vers l'avant et

l'arrière, donnant une assiette suffisamment longue pour porter 2 ou 3 personnes placées les unes derrière les autres, à la selle munie de deux sièges latéraux, comme cela est pratiqué aux îles Canaries (figure 19.10).



Figure 19.10. Dispositifs pour le tourisme. A. Avec sièges latéraux (îles Canaries) ; B. Selle longitudinale pour plusieurs personnes (Inde)

Si les courses de dromadaires (et de Bactrianes) sont universelles, ce sont dans les pays du Golfe qu'elles sont le plus formalisées. Elles entraînent une florissante industrie du sport, comprenant des organisations professionnelles pour l'administration des courses et le contrôle du dopage. Cette industrie s'appuie aussi sur des instituts de recherche appliquée, mobilisant toute la panoplie des technologies modernes (sélection génétique des champions, biotechnologie de la reproduction, physiologie de l'effort, alimentation spécifique, méthodes d'entraînement, etc.). Les meilleurs coursiers sont capables de galoper sur 10 km à la vitesse moyenne de 34 km/h avec des pointes de 40 km/h. Des courses sur de distances plus longues (20 km) sont parfois organisées au Soudan ou en Arabie saoudite. Depuis l'arrêt de l'utilisation d'enfants-jockeys, les chameaux de courses sont montés par des robots pilotés à distance (figure 19.11). L'entraînement des jeunes commence dès l'âge de 3 ans et de préférence concerne les femelles plus légères et plus maniables. Le prix des champions peut atteindre des sommes considérables qui se comptent en millions d'euros. Une fédération internationale des chameaux de course s'est mise récemment en place.



Figure 19.11. Chameau de course en Arabie saoudite avec son robot-jockey muni d'un bras articulé portant la cravache

L'activité sportive ne se limite cependant pas à la course. En Mongolie, le chameau de Bactriane est monté dans le cadre de match de polo, par exemple.

Le transport bâté ou attelé

Avant la révolution industrielle et la motorisation des déplacements, les grands camélidés étaient l'outil indispensable pour le transport des biens dans les pays désertiques. Les caravanes de la route de la soie ou transsahariennes ont témoigné au cours de l'histoire de l'incontournable utilité de ces espèces pour le commerce régional, voire international, et ce, bien avant la mondialisation mise en avant aujourd'hui.

Les grands camélidés sont utilisés dans ce contexte aussi bien comme animal de bât que comme animal de traction. Les performances comme animal de bât ont largement été étudiées. Ainsi, le dromadaire est capable de parcourir 40, voire 50 km/j à la vitesse de 4-5 km/h avec des charges variant de 100 à 300 kg selon la morphologie et le poids de l'animal, bien que des records de plus de 600 kg sur de très courtes distances sont signalés, notamment avec les races asiatiques, plus lourdes que les races africaines. Au Pakistan, des concours sont organisés pour savoir jusqu'où il est possible de porter de très lourdes charges. Les considérations de bien-être doivent cependant limiter les surcharges potentielles. À l'époque coloniale, la réglementation appliquée par les compagnies méharistes des armées limitait les charges à environ 200 kg, voire moins. Les risques pour l'animal peuvent être liés non seulement au surpoids, mais aussi à la qualité du paquetage, les armatures de bois portant les marchandises pouvant blesser l'animal. Les plaies de harnachement font partie des traumatismes les plus fréquents chez les chameaux de bât.

Les biens transportés sont éminemment variables, depuis les produits agricoles spécialisés (sel, céréales, dattes) dans le Sahara aux produits manufacturés (voir les caravanes de contrebande portant des téléviseurs dans la Corne de l'Afrique !), en passant par des livres (*bibliocamel* pour les écoles nomades au Kenya), les effets de la maison lors des transhumances (figure 19.12) ou les déchets ramassés sur les plages de l'Atlantique en France[2] !



Figure 19.12. Déménagement à dos de dromadaire de la hutte démontable des pasteurs somalis dans le sud de l'Éthiopie

Comme pour la monte sellée, le bât ou la traction nécessitent un dressage qui commence dès l'âge de 3-4 ans, mais la pleine charge n'est affectée au chameau qu'à partir de 6-8 ans, c'est-à-dire quand il atteint sa taille adulte. La carrière d'un animal « porteur » peut durer 12 ans.

2. Voir https://camel-idees.fr/lassociation/le-projet/

La traction cameline est d'un usage très répandu en Asie du Sud (Inde, Pakistan), mais aussi dans plusieurs régions d'Afrique. En Inde, les charrettes camelines, portant tout ce que le commerce local a besoin d'échanger (fourrages, eau, matériaux de construction, produits de l'agriculture), assurent un « écotransport » (énergie non polluante, économique et autonome) contribuant à un véritable développement durable de l'économie, aussi bien urbaine que rurale (figure 19.13).



Figure 19.13. Traction attelée pour le transport des fourrages au Rajasthan (Inde)

De nombreuses études réalisées en Inde font état de performances remarquables, un dromadaire pouvant tracter 1,5 à 2 t placées sur une charrette à 2 ou 4 roues (généralement des roues d'avion recyclées !) pendant 4 heures à raison de 8 à 10 km/h. Globalement, la force de traction est estimée à 2,8 kg/kg de poids vif.

L'auxiliaire de l'agriculture

Les fonctions de service ne s'arrêtent pas au transport des personnes et des biens, mais intègrent aussi l'animal comme auxiliaire de l'agriculture, contribuant à des systèmes basés sur l'association agriculture-élevage. Réputé plutôt comme animal des grands espaces désertiques, les grands camélidés n'en participent pas moins à l'agriculture oasienne ou pluviale aux marges des régions arides. Si la tradition retient l'utilisation du dromadaire pour tirer l'araire (en Éthiopie par exemple), parfois apparié avec une mule comme au Maroc, actionner la noria, les moulins à huile ou tout simplement assurer l'exhaure de l'eau des puits profonds comme au Sahel, d'autres contributions plus modernisées sont observées ici ou là pour sarcler, herser, poser des pare-feu etc. (encadré 19.1).

On considère généralement que le dromadaire est capable de labourer un hectare en 3 jours à raison de 7 heures par jour, sur une profondeur de 16 à 20 cm. Les comparaisons réalisées avec d'autres espèces de travail, montrent que le dromadaire fournit les mêmes résultats que le cheval en termes de puissance et de temps de travail. Par ailleurs, si le pouls et le rythme respiratoire augmentent rapidement au cours de l'effort, la récupération de l'animal est rapide et un repos de 2 heures après un cycle d'activité de 4-5 heures en continu est suffisant pour rétablir les fonctions physiologiques. L'intérêt des

grands camélidés dans les fonctions de travail tient également au fait que son coût d'entretien est moindre par exemple qu'une paire de bœufs, d'autant que sa longévité (qui varie de 6 à 20 ans de vie productive) représente un avantage comparatif. Comme pour les autres activités faisant appel à sa force, le dressage commence dès l'âge de 3 ans. On peut dès lors placer les harnais, soit en s'appuyant sur la bosse (Soudan), soit en se servant de la force du cou et des épaules (Afrique du Nord).

Le transport des chameaux

Si les grands camélidés sont voués, dans nombre de pays, au transport des biens et des personnes, il est bon de rappeler qu'ils peuvent être amenés aussi à être transportés. Longtemps ces grands animaux ont été uniquement convoyés à pied. Cependant, l'utilisation du camion, du bateau ou de l'avion est devenue courante dans le cadre notamment du marché à l'export des animaux sur pied, le plus souvent destinés à l'abattage. Le transport motorisé est également pratiqué pour les animaux de course, pour accéder aux marchés aux bestiaux locaux ou plus généralement pour le commerce (échanges entre éleveurs). Vu la taille de l'animal, sur route, le camion est le plus courant, mais des modes de transport plus insolites (pick-up, voiture, moto) sont possibles.

Le transport est globalement une source de stress important. De nombreux travaux ont montré l'impact de la durée et des conditions du transport sur le stress, incitant des organisations à s'interroger sur le bien-être des grands camélidés[3].

En effet, les moyens de transport sont souvent mal adaptés pour les grands camélidés et le chargement est régulièrement réalisé par des manipulations intempestives. Les connaissances essentielles à avoir pour transporter un animal selon les recommandations de l'Office international des épizooties (OIE) sont les suivantes :
- les besoins en matière d'espace et de ventilation ainsi qu'en fourrage et eau lors du transport ;
- les méthodes respectueuses lors du chargement et du déchargement des animaux ;
- la compréhension du comportement animal, des signes de maladies, de stress ou de détresse, de douleur et de fatigue et des moyens de les éviter ;
- l'évaluation de l'aptitude à voyager ;
- les procédures de nettoyage et désinfection des moyens de transport ;
- les techniques de manipulation et de contention des animaux lors des différentes phases d'un transport (rassemblement, chargement, déchargement) ;
- les méthodes de gestion en cas de conditions adverses (incidents climatiques, accidents de la route, urgences) ;
- les besoins en fonction du statut physiologique des animaux (jeunes, animaux de réforme, femelles gestantes ou en lactation…).

Pour assurer un transport dans les meilleures conditions, il convient :
- de préparer les animaux avant le transport (entraînement à entrer dans un endroit clos par exemple, comme un van) ;
- d'évaluer le temps de transport et de conditions climatiques pour préparer les quantités de fourrage et d'eau en conséquence ;

3. *Animal's angels, The Welfare of Dromedary Camels during Road Transport in the Middle East*, https://animals-angels.de

Encadré 19.1. Fonctions de service du dromadaire



Figure 19.14. A. Dromadaire à l'araire au Maroc (apparié avec une mule) ; B. Dromadaire à l'araire en Éthiopie ; C. Exhaure de l'eau au Tchad ; D. Exhaure de l'eau au Niger ; E. Moulin à huile de sésame au Soudan ; F. Mise en place d'un pare-feu par hersage au Niger

– de préparer les véhicules de transport et de les adapter aux types d'animaux, notamment en matière d'espace ;
– de vérifier, en cours de route, l'état sanitaire ou de stress des animaux (tremblements, diarrhée, plaintes vocales) ;
– de prévoir le cas échéant des zones de repos au cours du trajet quand celui-ci dépasse une certaine durée.

L'un des points souvent le plus délicat concerne les procédures de chargement. Il devrait être bien préparé et se dérouler dans le calme, ce qui est rarement le cas. Plusieurs techniques plus ou moins coercitives selon le degré de préparation des animaux, habitués ou non à entrer dans un camion (figure 19.15), sont utilisées, soit par la force en soulevant l'animal, en le poussant sur un plan incliné, voire en employant une grue. Les procédures pouvant entraîner de la douleur ou un stress accentué, telles que l'utilisation d'un fouet ou d'un bâton, les contentions manuelles en tirant sur les oreilles et les lèvres sont à proscrire. Dans certains cas, les yeux sont bandés pour diminuer le stress, comme cela se pratique pour la faune sauvage.



Figure19.15. Le transport des grands camélidés. A. Embarquement par grue au Turkménistan ; B. Embarquement par palan en Arabie Saoudite ; C. Stress à l'embarquement en Arabie Saoudite ; D. Débarquement par grue d'un chameau mâle avec les yeux bandés en Arabie Saoudite ; E. Embarquement manuel sur plan incliné au Turkménistan ; F. Embarquement de chamelons sur une surface insuffisante au Maroc ; G. Transport dans un pick-up à Dubaï

Conclusion générale

Il est devenu trivial de dire que l'élevage camelin connaît une importante mutation depuis quelques décennies, à laquelle le double enjeu des changements climatiques et de la globalisation économique n'est pas étranger. Cela se traduit par une évolution remarquable des modes d'élevage et des changements notables dans la gestion de cet animal, qui ne sont pas sans effets sur sa physiologie et sa santé. Sortant de sa marginalité, l'élevage camelin et ses produits connaissent en effet un véritable engouement qui dépasse les frontières des zones arides auxquelles il semblait être éternellement dévolu. Si les services du chameau sont probablement fournis par les hommes du désert depuis des millénaires, ce n'est que tout récemment que des produits comme le lait et la laine sont entrés dans l'économie internationale, que les systèmes de production se sont intensifiés et que les procédés de transformation de ces produits (lait, viande, laine, peaux) se sont modernisés. De plus en plus nombreux sont ceux qui souhaitent se lancer dans l'aventure de la production cameline hors des zones habituelles de son élevage afin de fournir des produits et des services répondant aux standards des consommateurs du XXIe siècle. Plus nombreux aussi sont les vétérinaires confrontés à la gestion sanitaire et aux soins d'un animal soudainement soumis à des formes d'élevage inhabituels, et par ailleurs peu étudié dans les écoles et universités chargées de former les acteurs de la santé animale. Le présent ouvrage a l'ambition de donner quelques clefs, sinon pour réussir, du moins pour tenter l'expérience de son élevage en connaissance de cause et appuyer tous les acteurs d'une filière en pleine expansion, y compris les vétérinaires. Cette publication ne prétend pas à l'exhaustivité du savoir nécessaire, mais elle a l'espoir d'être utile aussi bien aux éleveurs désireux de mettre sur le marché des produits réputés à tort ou à raison pour leurs bienfaits, qu'aux vétérinaires et aux décideurs, qui voient arriver cet étrange animal, autrefois confiné dans quelques régions marginales du monde, et aujourd'hui prêt à faire partie d'agroécosystèmes moins contraignants que son désert d'origine.

Bibliographie générale

Al-Mathen F., 2014. *Genetic diversity and demographic history of the dromedary camel (Camelus dromedarius)*. PhD Thesis, Université de Nottingham.

Al-Qarawi A. A., Mousa H. M., 2004. Lipid concentrations in erythrocyte membranes in normal, starved, dehydrated and rehydrated camels (*Camelus dromedarius*), and in normal sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra hircus*), *J. Arid Environ.*, 59, p. 675-683 [en ligne] https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.02.004

Atigui M., Hammadi M., Barmat A., Farhat M., Khorchani T., Marnet P.G., 2014. First description of milk flow traits in Tunisian dairy dromedary camels under an intensive farming system, *J. Dairy Res.*, 81, 173-182 [en ligne] https://doi:10.1017/S0022029914000089

Aziz M. A., Faye B., Al-Eknah M., Musaad A., 2016. Modeling lactation curve of Saudi (camels using a linear and non-linear forms of the incomplete Gamma function), *Small Rumin. Res.*, 137, 40-46 [en ligne] https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.03.001

Boué A., 1949. Essai de barymétrie chez le dromadaire Nord-africain, *Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop.*, 3 (1), p. 13-16 [en ligne] https://doi : 10.19182/remvt.6857

Boujenane I., 2019 – Comparison of body weight estimation equations for camels (*Camelus dromedarius*), *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 51 (4), 1003-1007 [en ligne] https://doi:10.1007/s11250-018-1771-8

Bucci T. J., Soliman A. M., Botros B. A. M., Kerkor M. E., 1984. Abdominal circumference at the hump as an index of body weight in dromedary camels, *Indian Vet. J.*, 61, 26-30.

Caja G., Díaz-Medina E., Salama A. A., Salama O. A., El-Shafie M. H., El-Metwaly H. A., Ayadi M., Aljumaah R. S., Alshaikh M. A., Yahyahoui M. H., Seddik M. M., Hammadi M., Khorchani T., Amann O., Cabrera S., 2016. Comparison of visual and electronic devices for individual identification of dromedary camels under different farming conditions, *J Anim Sci.*, 94 (8), 3561-3571 [En ligne] https://doi : 10.2527/jas.2016-0472.

Desquesnes M., Patout O., Brugidou R., Faye B., Cuny G., 2007. Un foyer de Trypanosoma evansi observé pour la première fois en France, *Bull. des GTV*, 39, 8-10.

Dioli M., 2020. Dromedary (*Camelus dromedarius*) and Bactrian camel (*Camelus bactrianus*) crossbreeding husbandry practices in Turkey and Kazakhstan: An in-depth review. *Pastoralism: Research, Policy and Practice*, 10 (6) [en ligne] https://doi.org/10.1186/s13570-020-0159-3.

Etzion Z., Alfassi Z., Lavi N., Yagil R., 1987. Halide concentration in camel plasma in various state of dehydration, *Biol. Trace Elem. Res.*, 12, 411-418.

Faye B., 2020. How many large camelids in the world? A synthetic analysis of the world camel demographic changes. *Pastoralism: Res. Pol. Pract.*, 10 (25) [en ligne] https://doi.org/10.1186/s13570-020-00176-z

Faye B., Bengoumi M., 2018. *Camel clinical biochemistry and hematology*, New York, Springer Publ., 346 p.

Faye B., Bonnet P., 2012. *Camel sciences and economy in the world: current situation and perspectives, in* Johnson E.H. *et al.* (eds), Proc. 3rd ISOCARD conference, 29th January-1st February, 2012, Mascate (Sultanate of Oman), 2-15.

Faye B., Konuspayeva G., 2012. The Encounter between Bactrian and Dromedary Camels in Central Asia, *in* Knoll E-M., Burger P. (eds), *Camels in Asia and North-Africa- Interdisciplinary perspectives on their past and present significance*, Vienne, Austrian Academy of Sciences press, 27-33.

Faye B., Abdallah H., Almathen F., Harzallah B., Al-Mutairi S., 2011. *Camel biodiversity. Camel phenotypes in the Kingdom of Saudi Arabia*. Camel Breeding, Protection and Improvement Center, project UTF/SAU/021/SAU, FAO publ., Riyadh (Saudi Arabia), 78 p.

Field C. R., 1984. Camel growth and milk production in Marsabit district, Northern Kenya, *in* Cockrill W. R. (ed.). : *The camelid an all-purpose animal*. Proc. Khartoum Workshop on Camels, December 1979, Uppsala, Scandinavian Institute of African Studies, 209-230.

Graber M., 1966. Études dans certaines conditions africaines de l'action antiparasitaire de Thiabendazole sur divers helminthes des animaux domestiques. II. Dromadaire, *Rev. élev. Méd. Vét. Pays trop.*, 19, 527-543.

Hare J., 1999. *The lost camels of Tartary. A quest into Forbidden China. Little*, Brown Book Group Publ., New York, 256 p.

Hasi S., Amu G., Zhang W., 2020. Camel Hair Structure, Properties, and Commercial Products, *in* AlHaj O., Faye B., Agrawal R. D. (eds), *Handbook of research on health and environmental benefits of camel products*, IGI Global, Hershey, 328-347.

Herrman K., Fisher A., 2004. Method for hygienic slaughter of camels, *in* Farah Z., Fisher A., *Milk and meat from the camel- Handbook on products and processing*, Zurich, VDF Hochschuleverlag Publ., 89-108.

Jarrar B., Faye B., 2012. *Normal pattern of camel histology*, Riyadh, FAO publ., Camel Breeding, Protection and Improvement Center, project UTF/SAU/021/SAU, 140 p.

Kadim I., Mahgoub O., Faye B., Farouk M., 2013. *Camel meat and meat products,* Oxfordshire & Boston, CAB International publ, 248 p.

Kamili A., Bengoumi M., Faye B., 2006. Assessment of body condition and body composition in camel by barymetric measurements, *J. Camel Pract. Res.*, 13 (1), 67-72.

Kappeler S. R., van den Brink H. J., Rahbek-Nielsen H., Farah Z., Puhan Z., Hansen E. B., Johansen E., 2006. Characterizations of recombinant camel chymosin reveals superior properties for the coagulation of bovine and camel milk, *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 342, 647-654 [en ligne] https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2006.02.014

Köhler-Rollefson I., Mundy P., Mathias E., 2001. *A field manual of camel diseases*. Bourton, SCTD Practical action publ., 254 p.

Konuspayeva G., Faye B., Loiseau G., Levieux D., 2007. Lactoferrin and Immunoglobin content in camel milk from Kazakhstan, *J. Dairy Sci.*, 90, 38-46 [en ligne] DOI:10.3168/jds.S0022-0302(07)72606-1

Nagy P, Juhasz J., 2009. *Intensification of milk production and machine milking of dromedary camels (Camelus dromedarius)*. 2nd Conference of the International Society on Camelids Research and Development, Djerba, Tunisia, 11-14 mars 2009 (CD-Rom).

Nagy P., Faye B., Marko O., Thomas S., Wernery U., Juhasz J., 2013. Microbiological quality and somatic cell count in bulk milk of dromedary camels (*Camelus dromedarius*): descriptive statistics, correlations, and factors of variation, *J. Dairy Sci.*, 96, 5625-5640.

Nagy P., Faigl V., Reiczigel J., Juhasz J., 2015. Effect of pregnancy and embryonic mortality on milk production in dromedary camels (*Camelus dromedarius*), *J. Dairy Sci.*, 98, 975-986 [en ligne] http://dx.doi.org/ 10.3168/jds.2014-8546

Ouhsine A., 1989. Étude de la topographie des viscères abdominaux chez le dromadaire (*Camelus dromedarius*) en décubitus sternal, *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 42 (1), 73-78 [en ligne] doi : 10.19182/remvt.8886.

Pacholek X., Vias G., Faye B., 1999. *Traitement des maladies du dromadaire. Guide de l'auxiliaire d'élevage*. Niamey, Karkara publ. [en ligne] http://camelides.cirad.fr/fr/publications/guide_maladies.html

Raiymbek G., Kadim I., Konuspayeva G., Mahgoub O., Serikbayeva A., Faye B., 2015. Discriminant amino-acid components of Bactrian (*Camelus bactrianus*) and Dromedary (*Camelus dromedarius*) meat, *J. Food compos. anal.*, 41, 194-200 [en ligne] https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.02.006

Schwartz H., Dioli M., 1992. The One-Humped camel in eastern-Africa. *Publ. Verlag*, Weikersheim, Germany, 282 p.

Senault R., 2013. *Biomécanique des quadrupèdes. Entre diagonalisation et latéralisation*, Mémoire de master, Université de Montpellier, 199 p.

Stimmelmayr R., Dioli M., Schwarz H. J., 1992. Field guide to post-mortem examination (chap. 5), *in* Schwartz H., Dioli M. (eds), *The one-humped camel (C. dromedarius) in Eastern Africa*, Berlin, Verlag publ., 225-262.

Tibary A., Anouassi A., 1997. *Theriogenology in camelidae*, Actes éditions IAV Hassan II, Rabat, Maroc, 489 p.

Wernery U., Kaaden O-R, 2002. *Infectious diseases in camelids*, Berlin, Blackwell Sciences Publ., 404 p.

Wernery U., Kinne J., Schuster R. K., 2014. *Camelid infectious disorders*, Paris, OIE Publ., 500 p.

Wilson R. T., 1978. Studies on the livestock of southern Darfur. V. Notes on camels. Sudan, *Trop. Anim. Hlth Prod.*, 10, 19-25 [en ligne] DOI: 10.1007/BF02235296

Yagil R., 1994. *The Camel in Today's World. A Handbook for Camel Breeding*, Bonn, Deutsche Welthungerhilfe, 73 p.

Remerciements

Ce livre a été conçu dans le cadre du projet CAMELMILK relevant du programme PRIMA financé par l'Union européenne (programme de recherche et d'innovation Horizon 2020) et dont les partenaires sont l'Espagne, l'Algérie, la Turquie et la France (pour la partie élevage et appui scientifique), l'Italie, la Croatie et l'Allemagne (pour la partie appui scientifique uniquement). Le projet CAMELMILK a pour objectif de promouvoir la production et la commercialisation du lait de chamelle autour du bassin méditerranéen par le renforcement des acteurs de la filière lait de chamelle.

Il a bénéficié également de l'appui financier de l'UMR SELMET du Cirad dans le cadre du projet européen « Roles of camel breeding in Modern Saharan societies: contributing to their adaptive capacities face to global changes – CAMED ». L'objectif de ce projet vise à décrire, comprendre et modéliser les trajectoires passées et récentes des « sociétés camelines » et de renforcer la résilience des systèmes d'élevage camelins, selon les modes de gestion des ressources pastorales et animales, et des stratégies de commercialisation. Il intègre des partenaires d'Algérie, du Maroc et de France.

Camel Mılk

Camed



Algérie



Espagne



France



Turquie

Édition : Marie-Laure Portal
Mise en page : Hélène Bonnet – Studio 9

L'ancêtre des grands camélidés, originaire d'Amérique du Nord, aurait migré vers l'Asie il y a plusieurs millions d'années, pour s'établir dans des zones arides : la péninsule arabique pour les dromadaires — appelés aussi chameaux d'Arabie ou chameaux à une bosse —, et l'Asie centrale pour les Bactrianes — ou chameaux à deux bosses, parfois dénommés chameaux d'Asie.

La remarquable résistance des grands camélidés à des conditions climatiques extrêmes, leurs fonctions de service (transport, monte ou gestion des espaces pastoraux), ainsi que la qualité et la bonne valorisation de leurs produits sur les marchés nationaux et internationaux (lait, viande ou laine), ont fait émerger ces dernières décennies une nouvelle filière pour ces espèces cantonnées, encore il y a peu, à la subsistance de populations nomades vivant dans les régions désertiques d'Afrique et d'Asie.

Cette filière s'implante aujourd'hui non seulement dans les pays d'origine, mais aussi dans le monde occidental dans lequel la gestion des élevages, basée sur des pratiques mises en œuvre pour l'espèce bovine, s'avère souvent inopérante. Cet ouvrage de référence, unique en langue française, s'adresse donc à tous les acteurs de la filière, qu'ils soient concernés par les activités d'élevage, de conseil technique ou de soins aux grands camélidés. Il décrit successivement les généralités sur l'espèce, les bases physiologiques de la reproduction, de la lactation et de l'alimentation, les principales productions, ainsi que la gestion de la santé et de l'hygiène en élevage camelin.

Bernard Faye est docteur vétérinaire et docteur de l'université Paris XII, ex-ingénieur de recherche à l'Inra et actuellement expert-émérite au Cirad, consultant FAO et expert OIE, spécialiste de l'élevage camelin et de ses productions depuis plus de 40 ans.

Gaukhar Konuspayeva est biochimiste, professeur de l'université Al-Farabi à Almaty (Kazakhstan) et docteur de l'université de Montpellier, consultante FAO, actuellement chercheuse invitée au Cirad, spécialiste du lait de chamelle et de sa transformation.

Cécile Magnan est docteur vétérinaire, praticienne spécialiste équine. Elle est engagée dans la protection des animaux de cirque et a, à ce titre, une longue expérience des soins à apporter aux grands camélidés dont elle garde quelques spécimens dans sa ferme transformée en refuge pour animaux de cirque à la retraite.

32 €

ISBN : 978-2-7592-3499-8

Éditions Cirad, Ifremer, INRAE
www.quae.com

ISSN : 1952-2770
Réf. : 02835